

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шаневой Анны Сергеевны
«Исследование, моделирование и оптимизация процессов получения
нанокompозитов на основе бескислородных и кислородных матриц»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий

Актуальность темы диссертации

Исходя из материала автореферата можно сделать вывод о том, что объектом исследования в работе являются три типа керамоматричных композиционных материала (КМ) на основе кислородных и бескислородных матриц, обладающих особыми жаростойкими и физико-механическими характеристиками. Целью работы является определение оптимальных условий получения керамоматричных КМ указанных трёх типов с заданными характеристиками на основе экспериментальных исследований и разработанного математического описания процессов получения этих КМ. Определяются требования к следующим характеристикам КМ: пористость, прочность на изгиб, микротвердость, коэффициент трещиностойкости, убыль массы (жаростойкость), коэффициент теплопроводности.

Исследуемые керамоматричные КМ, в т.ч. армированные углеродными нанотрубками, могут быть использованы для изготовления деталей и узлов авиационно-космической техники. Актуальность работы обусловлена важностью разработки оптимизированных процессов получения КМ, обладающими комплексом требуемых характеристик.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Известно, что одним из факторов, оказывающих существенное влияние на механические характеристики проектируемого КМ, является используемый режим отверждения при изготовлении полимерных КМ или режим спекания при изготовлении керамоматричных КМ. Задачи построения математических моделей, обеспечивающих учёт таких режимов, а также использование таких моделей в контексте применения численных методов гомогенизации, обеспечивающих оценку необходимых эффективных характеристик КМ, являются актуальными как с теоретической, так и практической точки зрения.

Тематика работы, а также полученные результаты помимо прочего представляют интерес в контексте разработки программных инструментариев автоматизированного проектирования КМ с заранее задаваемыми характеристиками. Работа может стать

заделом для исследования микротвердости, коэффициентов трещиностойкости и жаростойкости численными методами микромеханики КМ.

Достоинства работы

Автором были проведены многочисленные экспериментальные исследования, обработаны их результаты, эмпирически определены оптимальные режимы спекания КМ рассматриваемых типов. Для различных режимов спекания определялись физико-механические характеристики изготовленных КМ. Полученные результаты могут быть использованы в качестве входных данных при проведении валидации предлагаемых и существующих математических моделей, описывающих процессы спекания КМ и применяемых в рамках численного анализа исследуемых физико-механических характеристик.

Автором сделаны важные выводы, имеющие практическую значимость.

Экспериментально определено, что избыток осадителя уменьшает средний размер агрегатов. Установлено, что температура осадителя в диапазоне от -10 до 10 °С не оказывает влияния на агрегативность и механическую прочность порошков оксигидратов.

Показано, что минимальные коэффициенты неоднородности (менее 10%) достигаются при скорости вращения планетарной мельницы более 250 об/мин.

Замечания

В автореферате фактически не представлено ссылок на фамилии исследователей в области численных методов микромеханики композиционных материалов.

Материал автореферата подготовлен с существенными неточностями. В разделе, описывающем актуальность темы, не представлен явно конкретный объект исследований, что существенно усложняет восприятие последующего материала. Цель работы содержит информацию о конкретных композитах, оптимальные условия получения которых предполагается найти. Указанная детализация при формулировке цели является скорее нестандартной. Положения, выносимые на защиту, не согласованы с пунктами научной новизны.

Указано, что на рисунке 2 «отчетливо проявляется мелкозернистая внутренняя структура, окруженная волокнами из нанотрубок», однако, на этом рисунке этого не видно.

Практически все формулы в автореферате содержат многочисленные неточности, а также обозначения, которые не описаны, что не позволяет оценить корректность представленного материала. Например, для формулы (1) неясно от какой функции во втором слагаемом в левой части берётся производная (аналогично для (2)), не описана функция $k(\dots)$; на основе левой части (1) можно предположить, что f – функция от двух аргументов, $f=f(t,l)$, однако, в правой части (1) использованы обозначения $f(\mu)$ и $f(l)$.

Многие используемые обозначения не согласованы друг с другом, например в (1) используется обозначение η , тогда как уже в (3) и (4) автор без пояснений использует обозначения с индексами η_1 и η_2 .

В разделе о научной новизне указано, что *«получена математическая модель процесса спекания»*, а *«для решения уравнения изменения плотности распределения пор и зерен по размерам (интегро-дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка) разработаны «Z»-схема и зеркальная «Z»-схема»*. Исходя из описания можно предположить, что речь идёт об уравнениях (1) и (2). Вместе с тем указано, что *«разностная Z-схема для моделирования ИПС $Al_2O_3-ZrO_2(Y_2O_3)$ -УНТ(1%) имеет вид»* (8), но не указано какому уравнению этот разностный аналог соответствует. В том числе, нет указания как используя «Z»-схему можно решить интегро-дифференциальное уравнение в частных производных.

Исходя из представленных шаблонов разностных схем (рис. 5) можно сделать вывод, что по времени этот шаблон должен иметь первый порядок аппроксимации первой производной, однако, автором указано, что схема имеет второй порядок аппроксимации по времени. Более того, исходя из (8), первое слагаемое как раз и есть аппроксимация первой производной по времени, которая имеет первый порядок аппроксимации.

Нет обоснования почему для поиска коэффициентов регрессионной зависимости (7) не применялся метод наименьших квадратов, тогда как вместо него *«поиск кинетических констант происходил в 2 этапа: аналитическая оценка, поиск констант с помощью генетического алгоритма»*, а *«критерием поиска служила сумма относительных ошибок расчёта конечной пористости»* (сумма модулей), что является нестандартным для рассматриваемых задач. О какой аналитической оценке идёт речь в автореферате нет информации.

Указано, что *«создано программное обеспечение, состоящее из программных модулей, позволяющее моделировать стадию измельчения исходных порошков, процесс искрового спекания»*, однако, не указано какой язык программирования и программные технологии при этом использовались.

Из материала автореферата можно сделать предположение, что представленные оптимальные режимы спекания (таблицы 2 и 7) композитов рассматриваемых трёх типов есть результат проведённых автором многочисленных испытаний. Подтверждений постановки и численного решения задач оптимизации в рамках работы в автореферате не представлено.

Несмотря на сделанные замечания, считаю, что диссертационную работу А.С. Шаневой можно классифицировать как целостное завершённое исследование,

результаты которого имеют большую значимость для науки и практически значимых задач рассматриваемой области. Диссертация соответствует требованиям, предусмотренным Положением о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом ректора No 1523 ст. от 17 сентября 2021 г., а ее автор, Анна Сергеевна Шанева, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий.

Я, Соколов Александр Павлович, даю своё согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета.

Доцент кафедры «Системы
автоматизированного проектирования»,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.ф.-м.н.


подпись, дата

Контактная информация:

105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская, д.6, стр.1

тел. +7 (916) 909-33-42

e-mail: alsokolo@bmstu.ru

