

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, научного сотрудника химического факультета ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» Бендовского Евгения Борисовича на диссертационную работу Федосовой Натальи Алексеевны «Разработка и математическое моделирование процесса получения керамоматричного композита, армированного углеродными нанотрубками», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий» и специальности 05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических соединений».

Актуальность

Поиск путей изготовления керамического композита с повышенными показателями механических свойств (пределы прочности, трещиностойкость, термостойкость, ...) – всегда был из числа наиболее востребованных областей разработки материалов. Известно, что для керамических материалов характерно хрупкое разрушение. По этой причине особенно важно работать над увеличением показателей трещиностойкости материалов. В этой связи задача, стоявшая перед диссертантом – оценить влияние углеродных нанотрубок (УНТ) на свойства композиции «корунд – УНТ» и попытаться описать математически связь исходных условий изготовления композиции и конечных результатов – представляется весьма актуальной.

Краткий анализ содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 182 наименований, изложена на 270 страницах печатного текста, содержит 90 рисунков, 49 таблиц.

В первой главе работы приведён обзор керамических материалов и керамических материалов, армированных различными способами. Проведён анализ методов достижения равномерного распределения УНТ в объеме материала порошка, который в ходе предполагаемой обработки сформирует матричную составляющую композиции. Проведён обзор существующих методик моделирования процессов спекания.

В итоге для решения поставленной задачи автором обосновано решено проследить за изменением свойств композиции «корунд – УНТ» в широком интервале концентраций нанотрубок – вплоть до

50об.%. Что в свою очередь потребовало проведения большого объёма экспериментов по разработки технологии изготовления материала.

Значительное внимание уделено многим отдельным переделам технологического процесса изготовления композита, например, диспергации УНТ в дисперсионной среде при высоких концентрациях нанотрубок; стабилизации изготавливаемых суспензий. Показано, что стабилизация реализуется в дисперсионных средах различного состава, но в том числе и состава, который в дальнейшем даёт возможность формировать заготовки из композиционной смеси.

Считаю важным отметить, что мы чаще всего не обращаем внимание на целый ряд деталей, казалось бы мелких, но только они часто делают возможным развитие работы. Здесь другой случай: в число дисперсионных сред намеренно включён водный раствор поливинилового спирта-ПВС, как возможного впоследствии временного технологического связующего. Такое решение вполне себя оправдало: свойства ПВС как «диспергатора» и как ВТС совпали.

В работе этот факт установлен и успешно использован. Это тем более важно, что расширяет возможности работы с объектами, имеющими размеры нанометров.

Автор демонстрирует, что на текущих этапах работы она заглядывает на шаг, а то и на несколько вперёд. Очевидно, что здесь существуют вопросы по поверхностному взаимодействию сосуществующих фаз и столь же очевидно, что в ходе выполнения любой работы возникает больше вопросов, чем ответов на поставленные. По этой причине автор исключает их из сферы рассмотрения, но основание для развития работы в направлении исследования поверхностных процессов возникло, тем более, что автор в литературном обзоре вскользь, но говорит о важности межфазного взаимодействия в композиционных материалах.

Варьирование содержания армирующего компонента –УНТ – в широкой области концентраций вынуждает автора не ограничиваться одним способом термообработки сформованных образцов (здесь, пожалуй, наиболее уместно сказать о том, что автор мало говорит о пористости сформованных заготовок) и кроме спекания в вакууме прибегнуть к «искровому плазменному спеканию» (ИПС), как способу интенсификации процессов, возникающих и протекающих при спекании. К сожалению в тексте не описаны, хотя бы коротко, характерные для ИПС особенности. А в силу приобретения процессом всё большего распространения считаю важным напомнить, что ещё в 70х годах

прошедшего века в стране вели работы по влиянию переменного электрического поля на фронт растущего кристалла.

Накопленный экспериментальный материал позволяет сравнить результаты, полученные спеканием в вакууме и в условиях ИПС. В свете того, что ИПС как способ изготовления керамических изделий становится всё более распространенным, но нет более-менее ясного представления о процессах, происходящих при этом, полученные результаты представляют несомненную ценность. В диссертационной работе об этом не говорится, но в беседе с автором выяснилось, что планы такой работы не только существуют, но и реализуются. В работу эта часть не вошла в силу ограничений по объёму и требований к существу работы. Но наличие созданной для развития работы базы несомненно.

Итогом описанной части работы стало выявление исходных условий, которые позволили в ходе последовательного ряда технологических переделов иметь образцы композиционного материала с весьма привлекательными показателями свойств. Удалось довести содержание УНТ до 50об.%, предел прочности на изгиб до 640МПа, показатель трещиностойкости до $7,2\text{МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$.

Достигнутые показатели свойств позволяют полагать, что изделия из композиционного материала смогут успешно работать в тяжёлых условиях эксплуатации, в том числе при наличии больших ударных нагрузок. К сожалению, в тексте работы отсутствуют сведения об испытании изделий, но это вина не автора, это её беда.

Экспериментальный материал, наработанный автором, позволил ей предпринять попытку построить математическую модель, связывающую выбранные ею исходные параметры процесса изготовления композиционных образцов с получаемыми результатами.

В итоге автором представлены две математические модели для двух разных способов термообработки: спекания в вакууме и искрового плазменного спекания.

Модели оправдывают себя для случая композиции состава «корунд – УНТ». Применимость моделей к другим системам определит время, и это время длительно.

Представление автором «вариантов масштабирования» производства композиционного материала в количестве 600т/г с одной стороны свидетельствует о несколько завышенных ожиданиях автора, с другой стороны, видимо, определяется условиями гранта, в рамках которого проводилась работа.

Научная новизна работы

1. Экспериментально показана возможность изготовления плотноспекенной композиции с содержанием волокон нанометрического размера до 50об.%.
2. Выявлены закономерности влияния содержания УНТ на уплотнение и свойства композиции «корунд – УНТ» в широком интервале концентраций УНТ 0 – 50об.% для двух способов термообработки – спекание в вакууме, искровое плазменное спекание.
3. Разработаны математические модели процессов уплотнения заготовок в ходе спекания в вакууме и в ходе искрового плазменного спекания.

Практическая значимость работы

1. Показана и реализована на практике возможность изготовления деагрегированной суспензии волокон нанометрического размера при концентрации последних до 50об.%.
2. Определены оптимальные режимы изготовления композиционного материала спеканием в вакууме.
3. Определены оптимальные режимы изготовления композиционного материала искровым плазменным спеканием.

Достоверность и обоснованность результатов

Достоверность и обоснованность результатов обеспечена логичным выбором направлений работы в рамках поставленных перед автором задач, большим объёмом эксперимента, построением математических моделей на основе методов моделирования с проверкой соответствия моделей результатам экспериментальных данных.

Замечания по работе

1. В работе присутствуют излишние подробности, например, описание гидростатического определения керамических показателей изготавливаемых образцов.
2. При относительной плотности прессованных заготовок 40 – 60%, усадках в ходе спекания не более 20% достигается плотность образцов, близкая к теоретической. Такой интересный факт оставлен без комментариев.
3. Температуру в ходе ИПС измеряли гибкими термоэлементами, но что это такое – неясно.
4. В тексте работы присутствуют грамматические ошибки – пропуск предлогов (стр. 50), запятых (стр. 8,120), которые следует отнести к опечаткам и опечаткам.

Замечания не имеют принципиального значения и не снижают положительную оценку работы. Основные положения и выводы оригинальны, являются новыми, полезны для практического применения и являются результатом самостоятельной работы автора.

Общая характеристика работы и соответствие паспорту специальности

На основании изложенного считаю, что представленная диссертационная работа является научно-квалификационной работой, выполненную на высоком теоретическом и экспериментальном уровне. В соответствии с поставленными задачами по выявлению оптимальных условий процесса изготовления керамоматричного композита «корунд – УНТ» созданы теоретические и практические основы для исследования и моделирования процессов изготовления керамических композитов, армированных УНТ.

Таким образом, сформулированные положения, выносимые на защиту, новизна работы, практическая значимость у оппонента замечаний не вызывают. Автореферат диссертации отражает основное содержание работы. Материалы диссертации представлены в 21 печатной работе, в том числе в 6 статьях, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК.

Диссертационная работа Н.А. Федосовой соответствует паспорту специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий по области исследования: «Фундаментальные разработки в изучении явлений переноса энергии и массы в технологических аппаратах»; «Методы изучения, расчёта, интенсификации, оптимизации и разработки (создания) механических процессов подготовки сырья: процессы разделения твёрдых веществ, процессы формования, процессы смешения веществ», а также формуле специальности: «Процессы и аппараты химических технологий – интегрированная научная дисциплина, сформированная из отдельных областей знаний, содержание которой базируется на физических и химических явлениях (перенос энергии и массы, химические превращения, катализ, физико-химические воздействия на перерабатываемые материалы и т.п.), физической химии (в наибольшей мере – термодинамике)».

Диссертационная работа Н.А. Федосовой соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов по области исследования: «1.2. Керамические и огнеупорные материалы и изделия на их основе. Получение исходных материалов, в том числе порошков с требуемой

структурой (химическим и фазовым составом, формой частиц, размером, распределением по размеру); смешивание компонентов; формование заготовок; процессы обжига и спекания; послеобжиговая обработка для придания требуемых свойств»; «Методы изучения химических процессов и аппаратов, совмещённых процессов». В качестве объекта исследования рассматриваются неметаллические материалы (по химическому составу – оксиды); по особенностям технологии, строению и функциональному назначению – композиционные керамические материалы, нанокоспозиционные материалы.

Считаю, что диссертационная работа заслуживает высокой оценки и полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» (утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842), предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Н.А. Федосова заслуживает присуждения ей степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий и специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических соединений.

Официальный оппонент

кандидат технических наук, научный сотрудник ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

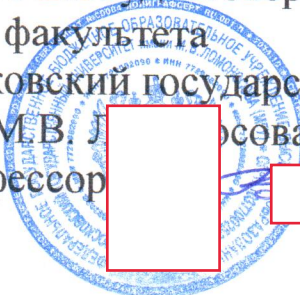
Бендовский Евгений Борисович

«31» мая

2016г.

Подпись Бендовского Е.Б. удостоверяю.

Декан Химического факультета
ФГБОУ ВПО «Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова»
академик РАН, профессор



В.В. Лунин

Контактная информация:

119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, д.1, стр.3.

Тел.: 8-915-435-04-88

E-mail: bendovskyi.e.b@yandex.ru