

## Отзыв на автореферат диссертации

Федосовой Натальи Алексеевны

«Разработка и математическое моделирование процесса получения керамоматричного композита, армированного углеродными нанотрубками», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий» и по специальности 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

Актуальность рассматриваемой Н.А. Федосовой темы «Разработка и математическое моделирование процесса получения керамоматричного композита, армированного углеродными нанотрубками» определена возрастающей потребностью получения прочных и твердых керамических материалов, а также высокой динамикой появления публикаций в данной области исследования за рубежом и в России. Армирование корундовой керамической матрицы углеродными нанотрубками позволяет получить не только прочный, но и легкий материал, который может с успехом применяться в качестве элемента защитных конструкций, в том числе индивидуальных средств бронезащиты.

Автореферат содержит описание экспериментальных исследований получения композита на основе матрицы оксида алюминия, в которую введены углеродные нанотрубки. Соискателем описаны процессы получения и спекания керамических композиционных порошков с различной объемной долей УНТ (от 3% до 50%).

К достоинствам работы следует отнести корректную методологию проведенных экспериментальных исследований с применением эффективных методов математического моделирования и вычислительного эксперимента. Полученные результаты исследований позволили сделать рекомендации по спеканию композитных прессовок: при объемной доле УНТ до 20%об. – спекание в вакууме, при доле УНТ от 20% до 50%об. – искровое плазменное спекание. Определены оптимальные условия диспергирования УНТ, их гомогенизации с порошком  $Al_2O_3$ , оптимальные составы композитной смеси и режимы спекания, обеспечивающие наилучшие физико-механические свойства композита.

Результаты измерения предела прочности на изгиб и трещиностойкости полученных композитов показали более чем 30% увеличение этих характеристик по сравнению с неармированным материалом.

Разработанные математические описания для спекания в вакууме и искрового плазменного спекания имеют аспекты, представляющие собой научную новизну: разработка методики построения нейронных сетей на принципе их объединения в перцептронные комплексы, разработка новой абсолютно устойчивой разностной схемы со вторым порядком аппроксимации по времени и координате.

Разработанные математические модели имеют приемлемый уровень ошибки. По результатам математического моделирования и оптимизации процессов спекания определены оптимальные режимы спекания для содержания УНТ 5%об. для спекания в вакууме и до 50%об. УНТ для искрового плазменного спекания.

Приведенные расчеты материальных балансов и технологической схемы промышленного получения композита  $Al_2O_3$ -УНТ позволяют сделать предварительную оценку масштабирования разработанной технологии.

Результаты исследований широко апробированы на конференциях международного и российского уровня, опубликованы в 6 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК, защищены патентом РФ и свидетельством о регистрации программы для ЭВМ.

Замечания к автореферату:

1. Выражение «ультразвуковое озвучивание» (стр.6) нельзя признать удачным.

2. На Рис.7 наряду с расчетной зависимостью для прочности на изгиб представлены некие точки. Если это экспериментальные значения для прочности на изгиб, то не указано – каким условиям изготовления композита они соответствуют; не приведены их доверительные интервалы. Однако сходимость модельной зависимости и экспериментальных значений хорошая.

3. На Рис.11, к сожалению, отсутствуют экспериментальные значения пористости в композитах после искрового плазменного спекания (ИПС), что важно для верификации приведенных расчетных зависимостей.

4. Почему температура ИПС  $1600^{\circ}C$  является оптимальной (вывод 4): по результатам моделирования (но рис.11 для этого не достаточен) или по комплексу полученных физико-механических свойств (вывод 5)?

Несмотря на замечания, общая оценка проделанной работы является положительной.

Считаю, что диссертационная работа Н.А. Федосовой выполнена на высоком научном уровне и соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а её автор Н.А. Федосова заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий» и по специальности 05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов».

[Redacted signature]

Хасанов Олег Леонидович,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой наноматериалов и нанотехнологий  
Национального исследовательского  
Томского политехнического университета

Почтовый адрес: 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, д.30,  
Томский политехнический университет

E-mail: khasanov@tpu.ru

Тел.: 8 (3822) 42-72-42

Подпись Хасанова О.Л. заверяю:

*М.О.* Ученый секретарь

Томского политехнического университета



[Redacted signature]

Ананьева О.А.

*(Исх. № 3.2.)*

*10.06.2016*