

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Шустова Вадима Сергеевича

«Разработка технологии получения градиентных пористых материалов на основе порошков карбида титана для фильтрации газов и жидкостей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Керамические материалы на основе карбидов металлов благодаря их высокой температуре плавления, высоким механическим свойствам, повышенной теплопроводности и износостойкости находят широкое применение в энергетической и авиакосмической отраслях для изготовления деталей, способных выдерживать воздействие потока абразивных частиц при повышенных температурах. В совокупности с высокой устойчивостью карбида титана к воздействию кислот и щелочей, это обуславливает его применение в качестве перспективной основы при изготовлении пористых проницаемых материалов, используемых в химической и атомной промышленности. Однако, наличие пор в керамических материалах приводит к снижению прочности, что вынуждает искать технологические приемы, улучшающие развитие межчастичных связей при формовании и спекании изделий. Одним из современных направлений решения указанной проблемы, которое автор применил в работе, является создание объемных материалов с субмикро- и нанокристаллической структурой методами консолидации ультрадисперсных порошков.

Одновременно с этим актуальной задачей является разработка новых, более репродуктивных пористых проницаемых материалов, поскольку большинство современных керамических фильтров представляют собой однослойный пористый материал с однородным распределением пористости и во время эксплуатации наблюдается быстрое понижение функциональности из-за закупорки пор частицами, содержащимися в фильтруемых средах. В этой связи представленные в диссертационной работе Шустова В.С. результаты исследований, направленных на изучения влияния технологических параметров процесса консолидации порошков карбида титана на эксплуатационные свойства пористого материала, получаемого на их основе, такие как пористость, прочность, тонкость

фильтрации, являются вполне важными и **актуальными** с научной и практической точек зрения.

На рассмотрение представлена диссертационная работа Шустова Вадима Сергеевича общим объемом 105 страниц, включающая введение, пять глав, общие выводы и список используемой литературы из 128 источников и содержащая 36 рисунков и 10 таблиц.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель, для достижения которой был поставлен ряд задач исследования, также отмечены новизна и практическая значимость, представлены сведения о публикациях и апробации работы. Достижению поставленной в работе цели - определению режимов консолидации порошков карбида титана с различной дисперсностью для получения пористых изделий с заданными значениями пористости и исследованию механических свойств получаемых материалов, способствовало решение автором диссертации таких задач, как отработка режимов получения пористого материала из порошков карбида титана, в том числе и со слоистой структурой, методами порошковой металлургии, проведение прочностных испытаний и анализ их результатов, а также исследование проницаемости получаемого материала.

Первая глава посвящена обзору научно-технической литературы, отмечена успешность применения ультрадисперсных и нанопорошков для повышения эксплуатационных свойств порошковых изделий, представлены данные о физико-химических и механических свойствах карбида титана, которые обуславливают его широкий спектр применения. Также проведен сравнительный анализ современных методов получения порошков различной дисперсности по производительности метода и качеству получаемых порошков. Рассмотрены особенности прессования и спекания порошков. На основании выполненного литературного обзора автор выявил перспективность применения порошков карбида титана в качестве основы пористого проницаемого материала, отвечающих требованиям, предъявляемым к фильтрам.

Во второй главе приводится достаточно подробный перечень и описание материалов и методов исследований, используемых в работе. Для исследования автором привлечены апробированные методики изучения структурно-фазового состава, механических и эксплуатационных свойств пористых материалов и современное оборудование.

Третья глава посвящена получению пористого материала на основе порошков карбида титана классическими методами порошковой металлургии – прессованием и последующим спеканием, и содержит результаты исследования пористой структуры, которые послужили основой для установления влияния технологических параметров процесса консолидации на структуру получаемого материала. Варьируя давление при прессовании и температуру спекания, а также содержание связующего вещества, автором были получены образцы, относительная плотность которых менялась от 46 до 71,5 %. Построенные диаграммы спекания имеют скорее качественный характер, нежели количественный, по ним определено, что наибольший вклад на начальной стадии спекания вносит поверхностная диффузия титана.

Исследованию механических свойств керамического материала отведена четвертая глава, в которой по результатам испытаний на трехточечный изгиб и на основе растровой электронной микроскопии образцов сделаны предположения о факторах, влияющих на прочность материала. Также представлены результаты определения твердости керамик по методу Роквелла.

В пятой главе рассматривается способ получения градиентной пористой структуры на основе порошков карбида с добавлением порошков никеля и молибдена, в котором на высокопористой основе создается слой с более мелкими порами. Предложенным методом получен пористый материал с размером пор 320 нм и общей пористостью 39 % и определена его проницаемость для жидкой и воздушной среды.

Несомненная **практическая значимость** результатов исследований, проведенных диссертантом, связана не только с применением карбида титана для создания пористого фильтрующего материала, позволяющего работать в агрессивных технологических средах, но и с созданием на его основе слоистого проницаемого материала, позволяющего более простыми способами производить регенерацию фильтров на основе такого материала.

К **новым научным результатам**, считаю, следует отнести достижение при температурах спекания 1250 °С более высоких значений прочности на изгиб и открытой пористости получаемых керамик по сравнению с более высокими температурами спекания при одинаковых условиях прессования. Особый научный интерес представляют диаграммы спекания порошков

карбида титана, по которым качественно определяется преобладающий механизм спекания порошков при данной температуре.

Основные положения, выводы и заключения диссертации представляются достоверными и логично обоснованными, базируются на грамотно проанализированном экспериментальном материале, полученном с применением современных методов исследования.

В то же время, по содержанию диссертации возникает ряд замечаний и вопросов:

1. Для оценки среднего размера частиц в порошках автор использует данные по площади удельной поверхности, получаемые методом адсорбции, и аппроксимирует форму частиц сферой по известной формуле (стр. 51). Поскольку типичной формой частиц карбида титана является не сфера, а куб, то для оценки размера частиц из данных по удельной поверхности представляется логичным в данном случае использовать аппроксимацию частиц кубом. Каким будет характерный размер кубических частиц?

2. При проведении измерений прочности на изгиб в работе использовались образцы пористых керамик в форме балок, размеры сечения которых варьировались в пределах 10%, как это следует из таблицы 7 на странице 81 диссертации. Поскольку размеры сечения входят в формулу для расчета прочности по результатам испытаний, возникает вопрос, в какой мере разброс в размерах сечения балок мог повлиять на величину относительной погрешности измерений прочности материала на изгиб?

3. Пористый градиентный фильтр синтезирован с использованием двух порошков карбида титана, в качестве основы, с многократно отличающимися характерными размерами частиц, однако уменьшение параметра тонкости фильтрации за счет применения более мелкого порошка наблюдалось примерно в 1,5 раза. Какова при этом роль мелкого порошка карбида титана и что явилось определяющим в наблюдаемом эффекте?

Однако указанные замечания не снижают ценности работы Шустова Вадима Сергеевича, которая представляет собой законченное научное исследование, направленное на решение важной научно-практической задачи – определение режимов консолидации порошков карбида титана различной дисперсности для получения пористых изделий, пригодных для использования в качестве регенерируемых фильтров в экстремальных условиях эксплуатации. Содержание автореферата в необходимой степени

соответствует содержанию диссертации, результаты работы достаточно полно отражены в публикациях соискателя. В работе имеются необходимые ссылки на соавторов для результатов, полученных в совместных исследованиях.

Считаю, что представленная к защите работа «Разработка технологии получения градиентных пористых материалов на основе порошков карбида титана для фильтрации газов и жидкостей» по объему выполненных исследований, экспериментальному, методическому и теоретическому уровню, в совокупности со своей актуальностью и практической значимостью, соответствует требованиям пунктов 9 - 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и её автор, Шустов Вадим Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 - «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Официальный оппонент

Декан факультета,
доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН

В. В. Иванов

Подпись официального оппонента
Иванова В. В. заверяю.



Иванов Виктор Владимирович, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, декан факультета физической и квантовой электроники, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (МФТИ), 141707, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9, тел: +7 498 744-65-47
ivanov.vv@mipt.ru