

«УТВЕРЖДАЮ»



Директор ИФХЭ РАН
доктор химических наук
А.К. Буряк

«21» ноября 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации Шустова Вадима Сергеевича «Разработка технологии получения градиентных пористых материалов на основе порошков карбида титана для фильтрации газов и жидкостей» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «порошковая металлургия и композиционные материалы»

Проблема фильтрации газов и жидкостей не только не теряет своей актуальности, но становится все более острой. Это связано с необходимостью решения как экологических проблем, так и создания новых технологий, получения сверхчистых веществ, повышения эффективности фильтрации и срока службы фильтрующих элементов. Непрерывно возрастают требования к фильтрам, особенно работающим в условиях высоких температур и агрессивных сред. Это заставляет использовать в ряде технологий достаточно дорогие фильтрующие элементы, с чем связана необходимость их периодической регенерации при обеспечении продолжительного периода эксплуатации.

Фильтрующие элементы уже традиционно можно считать разделенными на две основные группы – полимерные и керамические. С высказанных выше позиций определенным преимуществом обладают именно керамические фильтры, поскольку они обладают более высокой стабильностью. Из керамических фильтров наиболее перспективными являются фильтры на ос-

нове карбида титана, так как этот материал характеризуется повышенной температурной стойкостью и не разрушается при воздействии многих агрессивных сред. При создании фильтрующих элементов необходимо обеспечить их хорошую проницаемость при высокой эффективности разделения компонентов. Именно эта цель поставлена в диссертационной работе В.С. Шустова в отношении фильтрующих элементов на основе карбида титана. Сама постановка проблемы говорит об актуальности и большой практической значимости диссертации.

Для достижения поставленной цели автором был решен ряд фундаментальных задач, связанных с созданием пористого материала с градиентной структурой, исследованием закономерностей спекания порошков в неоднородных условиях, изучением функциональных и механических свойств полученных новых фильтрующих материалов.

Остановимся на содержании диссертации более подробно. Диссертация состоит из введения, пяти глав и завершается общими выводами по результатам проделанной работы.

Во введении сформулированы цели и задачи исследований, дана общая характеристика решаемых проблем.

Первая глава представляет собой литературный обзор, в котором описаны основные методы получения порошков, свойства формируемых из них материалов и охарактеризованы области науки и техники, в которых эти материалы используются. Отмечено широкое разнообразие как методов получения порошков и материалов, так и широкий спектр их механических и физико-химических характеристик, предопределяющий разнообразие их применения. Отмечены современные тенденции в способах повышения эксплуатационных характеристик пористых материалов. Описаны области применения карбидов в современной промышленности и разнообразных технологиях и отражены их преимущества и недостатки в сравнении с материалами на основе других компонентов. Обоснован выбор карбида титана в качестве объекта исследования. Продемонстрированы широкие возможности использова-

ния керамики на его основе на практике, в частности, в качестве основных элементов фильтров. Описаны методы получения порошков и керамики из карбида титана. Проведено сравнение различных методов по производительности и качеству получаемых керамик. Рассмотрены подходы к консолидации порошковых материалов и проанализированы особенности спекания порошков на разных стадиях процесса, а также влияние внешних параметров на характеристики конечного продукта. Отмечено, что керамики с улучшенными характеристиками могут быть получены при использовании наноразмерных порошков.

Вторая глава носит методический характер. В ней описаны использованные материалы и методы. Отмечено, что в работе проведены исследования с порошками, полученными разными методами – гидридно-кальциевым и плавлением в электродуговой печи с последующим дроблением и рассевом плавленого слитка. Дано сопоставление обоих методов, описаны их преимущества и недостатки. Показано существенное различие характеристик порошков, синтезированных этими методами. Выделены наиболее важные стадии синтеза карбида титана в обоих методах и обоснован выбор оптимальных условий проведения процессов.

Полученные порошки исследованы методами электронной микроскопии с использованием растрового и просвечивающего электронных микроскопов, а также рентгеновской дифракции. Показано, что порошки, получаемые гидридно-кальциевым методом, имеют кубическую форму, высокий уровень кристалличности и субмикронный размер. Частицы, сформированные в электродуговой печи, также характеризуются высокой кристалличностью, однако форма их несовершенна, а распределение по размерам является достаточно широким. При этом размер значительной части частиц порошка попадает в микрометровую область. По этой главе можно заключить, что для анализа структуры частиц порошков использованы современные методы, а полученные результаты важны для успешного формирования высококачественных керамик. Из синтезированных указанными выше способами по-

рошков в дальнейшем методом прессования создавались керамические образцы различной формы, при этом применялись специальные приемы для снижения нагрузки, необходимой для получения прочных прессовок.

Третья глава посвящена исследованию процессов консолидации порошков карбида титана. Описана схема установки и режимы спекания, при этом был проведен ряд предварительных экспериментов, позволивших выбрать оптимальные режимы проведения процесса. Отмечены особенности спекания двухкомпонентных систем, в котором автор выделил несколько основных стадий, и установлены функциональные зависимости для параметров, характеризующих этот процесс. Построены диаграммы спекания и показано, что на ранней стадии слияния частиц доминирующим механизмом является поверхностная диффузия.

Четвертая глава посвящена исследованию механических свойств керамик. Для них изучен эффект Ребиндера, вызванный взаимодействием материалов с водой. Высказаны предположения о факторах, влияющих на прочность образцов, и возможностях управления прочностными характеристиками через режим формирования керамик.

В пятой главе описана схема получения керамик с градиентной структурой, при этом селективный слой был получен из порошков карбида титана, никеля и молибдена. Завершается глава определением проницаемости градиентных керамик, проницаемость же несущего слоя определялась отдельно по отношению к газу и жидкости.

В целом можно сказать, что полученные в диссертационной работе В.С. Шустова данные носят как фундаментальный, так и прикладной характер и могут быть использованы на практике при разработке керамических фильтров.

Диссертация написана достаточно четко, продуман характер подачи материала, качество его изложения можно считать хорошим. Экспериментальные данные проиллюстрированы большим числом рисунков.

Тем не менее, по работе имеется ряд замечаний.

1. Методы исследования и описание использованной аппаратуры нужно было выделить в раздел, предваряющий изложение полученных результатов. А так получилось, что сначала сказали о характеристиках частиц, а затем (через значительный промежуток) описаны методы и приборы, которые использовались для их определения.

2. Следовало бы привести данные по измерению поверхности пор: автор подробно описал метод БЭТ (что можно было бы и не делать), а результатов его использования не привел.

3. Стоило на примерах показать, что выбранные режимы спекания действительно являются оптимальными, тем более что они реализуются при варьируемой температуре.

4. Ссылка на рисунок 34 идет задолго до его появления.

5. На рис. 23 и 24 не указано основание логарифма.

6. На рис. 24 как-то странно даны единицы представления удельной поверхности пор, так что трудно понять ее значение для исследованных образцов.

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации. Работа выполнена на высоком научном уровне и полностью отвечает требованиям пункта 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней" ВАК РФ, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842. За разработку метода получения градиентных керамических мембран на основе карбида титана и исследование их характеристик В.С. Шустов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «порошковая металлургия и композиционные материалы».

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в организациях, занимающихся изучением композиционных материалов и фильтрационных систем: Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, НИТУ «МИСиС», НИФХИ им. Л.Я. Карпова, НИЯУ

«МИФИ», РНЦ «Институт Курчатова», Химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, ИХФ им. Н.Н. Семенова РАН, Институте проблем химической физики РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева, ИНХС им. А.В. Топчиева РАН, ИОНХ им. Н.С. Курнакова РАН.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании секции «Физическая химия нано- и супрамолекулярных систем» при Ученом совете ИФХЭ РАН, протокол № 79 от 21 ноября 2016 г.

Зам. председателя Секции
доктор физ.-мат. наук

В.И. Ролдугин

Секретарь Секции
доктор хим. наук

В.А. Котенев

ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина
РАН 119071, Москва, Ленинский пр-т, д. 31, к. 4.

Тел.: +7(495) 955-46-01,

E-mail: dir@phychе.ac.ru