

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Зо Е Мо У на тему:

" Пористая и высокопористая керамика из оксида алюминия и карбида кремния ",
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов

На отзыв представлена диссертация объемом 253 страниц машинописного текста, содержащая 61 рисунок, 38 таблиц, список литературы из 226 наименований и автореферат.

Актуальность работы

Работа направлена на решение конкретной задачи для Республики Союз Мьянма: разработку пористых керамических материалов, пригодных для изготовления фильтров водоочистительных сооружений и других применений. Кроме того, учитывая потребность различных областей техники в высокоогнеупорных материалах, обладающих наряду с проницаемостью другими специальными свойствами, представляется актуальным и целесообразным проведение исследования взаимосвязи параметров технологии и свойств материалов этого типа с их структурой, что может способствовать изготовлению широкого класса проницаемых изделий с заданными свойствами.

Вышеизложенное свидетельствует об актуальности выполненного исследования с точки зрения выбора объектов и использованных методов, то есть работа в этом отношении соответствует требованиям ВАК к диссертациям, представленным на соискание ученой степени доктора наук.

Цель рассматриваемой диссертационной работы состояла в разработке технологий получения прочной пористой проницаемой керамики и высокопористой ячеистой керамики на основе электроплавленного корунда (ЭПК) с открытой пористостью не менее 90%, повышенной механической прочностью, с температурой обжига не более 1550°C.

Научная новизна работы

Предложено что спозиций изменения структуры заготовок при прессовании в результате внешнего воздействия давления и внутреннего трения между частицами, не приводящими к образованию областей локальных уплотнений, а образованию непрерывного каркаса из частиц электроплавленного корунда в процессе последующего спекания, объяснение наблюдаемых изменений структуры и свойств,

связанных с изменениями отношения крупнозернистых и мелких фракций, а также количества и типа связки в полученной пористой керамике.

В соединениях, состоящих из одной фракции - электроплавленного корунда, размер зерна которого составляет 0,5 мм при введении связки из полуфарфора (ПФ) в количествах 1, 3, 5, 7, и 10 % масс. увеличение количества связки при тщательном перемешивании компонентов способствует равномерному распределению связки, выравниванию элементов структуры керамики, уменьшению влияния давления прессования на величину пористости и средней плотности керамики. Поскольку после обжига при температуре 1450°C, показатель открытой пористости образцов составил с 7 и 10 % ПФ не зависит давления прессования и составил %.

В двухфракционных композициях снижение содержания мелкой фракции за счет увеличения крупной в сериях 35/60, 40/55, 45/50 и 50/45 не привело к значительному возрастанию или понижению открытой пористости, но значительно увеличило среднюю плотность и, в том числе, прочность. Это противоречит известному факту, что увеличение прочности керамики обычно характеризуется заметным уменьшением пористости. В этом случае в образовавшихся массах из исследованных двухкомпонентных композиций повышение содержания крупной фракции при помощи тонкой облегчает уплотнение, в первую очередь, каркаса во время прессования.

Для трехфракционных составов изучено влияние вида, объема связки и различные температуры обжига на керамические характеристики образцов, прочность и газопроницаемость. Для составления шихты использовали ЭПК: 63–80 мкм, 28–40 мкм, 10–14 мкм, в качестве связки смесь SiC—MgO при соотношении 2:1 и дисперсный порошок Al₂O₃ (0,25 % MgO) в различных количествах 1– 5 % масс. температуру обжига изменяли в пределах 1350 – 1550°C. Изучены два состава образцов содержащих 40 % и 80 % масс. самой мелкой фракции ЭПК. Механизмы упрочнения керамики в обжиге при использовании двух видов связок принципиально отличаются. В присутствии связок Al₂O₃ (0,25 % MgO) упрочнение в обжиге определяется степенью взаимодействия частиц глинозема между собой и поверхностью зерен электроплавленного корунда за счёт диффузионного процесса, эффективность которого зависит от дисперсности порошка связки, от дисперсности поверхности частиц глинозема и зерен электроплавленного корунда. При использовании связки SiC—MgO при обжиге SiC окисляется и переходит в очень активный SiO₂, который с MgO образует эвтектический расплав. Этот расплав хорошо смачивает зерна электроплавленного корунда, а при охлаждении кристаллизуется с существенным упрочнением образцов.

Применение выгорающей добавки (без добавки, с добавкой 15, 30 и 45 % NH_4HCO_3), варьирование давления прессования 50, 75 и 100 МПа, температур обжига 1450, 1500 и 1550°C для смеси фракций электроплавленного корунда: (63–80 мкм) 5 %; (28–40 мкм) 15 %; (10–14 мкм) 80 % со связками из системы SiC–MgO или Al_2O_3 (0,25 % MgO) (5 % сверх 100 % наполнителя) позволило увеличить пористость при сохранении достаточно высокой прочности. Наиболее высокое значение прочности при изгибе (44 МПа) было достигнуто для образцов, отпрессованных под давлением 100 МПа из следующего состава наполнителя (электроплавленного корунда): (63–80 мкм) 5 %; (28–40 мкм) 15 %; (10–14 мкм) 80 %, связки (5 % смеси порошков SiC и MgO в соотношении 1 : 2) и 15 % выгорающей добавки NH_4HCO_3 после обжига при температуре 1450°C. Значение открытой пористости составило 45 %. При совместном применении связки SiC–MgO с выгорающей добавкой NH_4HCO_3 обеспечивается достаточно высокая пористость – 45 % и прочность при изгибе до 44 МПа. Это достигается при тщательном последовательном перемешивании компонентов – сначала добавки SiC–MgO с NH_4HCO_3 , затем добавляются фракции электроплавленного корунда мелкая, средняя и затем крупная, что обеспечивает равномерную укладку частиц шихты при прессовании и равномерное удаление выгорающей добавки при обжиге с образованием дополнительной открытой пористости.

При получении керамических высокопористых ячеистых материалов дублированием полимерной матрицы из пенополиуретана (ППУ) были изучены технологические параметры ее пропитки шликером, удаления избытка шликера и сушки, позволяющие получать равномерный слой порошка на поверхности пор ППУ, который после подобранных режимов обжига, обеспечивающего удаление ППУ и спекание с получением керамики со структурой, дублирующей с учетом усадки структуру ППУ. Найденные технологические параметры позволили ускорить процесс и повысить его производительность. Впервые установлены закономерности формирования структуры и свойств высокопористых проницаемых материалов на основе природного алюмосиликатного сырья для Республики Союз Мьянма. Установлена роль параметров полимерной матрицы (разного диаметра ячейки, направления вспенивания, размеров заготовки) при получении высокопористых проницаемых материалов.

Установлено, что увеличение количества связки фарфоровой массы более 50 % приводит к понижению значения прочности высокопористых материалов (от 35 МПа до 1–3 МПа), но обеспечивает работу изделий при высоких температурах (1450°C).

Установлено, что применение предварительно синтезированного муллита с добавками Y_2O_3 (1, 3, 5 %) к порошку SiC повышает прочность образцов. Для повышения прочности ВПЯМ перспективно использовать не предварительно синтезированный муллит, а синтезировать его в процессе спекания из исходных оксидов.

Теоретическая значимость работы заключается в получении новых знаний по созданию различных изделий из пористой и высокопористой керамики, что позволит создать широкий класс пористый материалов различного назначения.

Практическая значимость работы

Исследованы в широком интервале составы пористой проницаемой керамики, получаемые методом варьирования зернового состава, дающие возможность изготавливать широкий ассортимент материалов для фильтрации с различными эксплуатационными свойствами, что позволит более обоснованно их применять в решении конкретных задач водоочистки и очистки других жидкостей в Республике Союз Мьянмы.

Установлены технологические параметры получения пористой проницаемой керамики методом варьирования зернового состава и высокопористой ячеистой керамики методом дублирования матрицы из пенополиуретана, которые, благодаря своей простоте, могут быть быстро реализованы для изготовления фильтров различного назначения в промышленном масштабе в Республике Союз Мьянма.

Достоверность полученных результатов подтверждается аналогичностью результатов, полученных с использованием стандартных методов определения важнейших характеристик, применением современных методов исследования (сканирующая электронная микроскопия), а также не противоречивостью полученных автором основных результатов диссертационной работы в рецензируемых научных изданиях с известными из научной литературы.

Общая характеристика диссертационной работы

Работа Зо Е Мо У состоит из введения, 5 глав, выводов, и списка использованных литературных источников.

В *литературном обзоре (глава 1)* автором рассмотрена структура и свойства пористой керамики и ее характеристики: пористость, величина и распределение пор по размерам, удельная поверхность пор, проницаемость, некоторые дополнительные характеристики структуры пор, механические и физические свойства, прочность, термостойкость, деформационные свойства, теплопроводность, электропроводность, испаряемость, кислотостойкость, проанализированы области применения и приведены

методы получения пористых и высокопористых ячеистых материалов (ВПЯМ). Рассмотрены применения керамических ВПЯМ (КВПЯМ).

В главе 2 приведены характеристики исходных материалов и методы их изготовления, описаны методы и приборы для исследований структуры пористых и высокопористых материалов, в том числе методики определения коэффициента газопроницаемости и среднего радиуса пор образца, огневой относительной усадки, среднегидравлического размера пор, сканирующей электронной микроскопии, методики определения динамической вязкости, открытой пористости, средней плотности, водопоглощения керамики, предела ее прочности при трёхточечном изгибе, предела прочности керамических образцов при сжатии, а также кислотостойкости и щелочестойкости.

В главе 3 описана разработка технологии получения пористых корундовых материалов. Исследовано влияние условий получения (содержание полуфарфоровой связки, фракционного состава ЭПК, давление прессования и температура обжига керамических заготовок) на физико-механические свойства получаемых материалов (предел прочности при изгибе, газопроницаемость, открытая и закрытая пористость, средний радиус пор). Дано теоретическое объяснение выявленных закономерностей, подкреплённое электронно-микроскопическими исследованиями образцов, обоснованы оптимальные режимы получения материалов с требуемыми свойствами. На основании полученных экспериментальных данных автором был сделан вывод о перспективности введения в фарфоровую массу добавок, повышающую её прочность и температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) до ТКЛР корунда. В заключительных разделах третьей главы описано исследование образцов с упрочняющими связками на основе высокодисперсного корунда с добавками MgO или системы SiC-MgO и выгорающими добавками, что позволило повысить пористость и газопроницаемость образцов. Анализ совокупность собранных экспериментальных данных позволил автору сделать вывод о перспективности полученных видов пористой керамики для использования в качестве фильтров и подложек керамических мембран, применяемых при высоких механических нагрузках.

В главе 4 описана разработка технологии получения высоко пористых ячеистых материалов методом нанесением керамического шликера на формообразующую подложку из пенополиуретана с последующей сушкой и обжигом. Изучены механические свойства получаемых КВПЯМ и влияние на них параметров процесса получения, а также состава шликера. Дано исчерпывающее теоретическое объяснение полученных результатов, сделаны выводы об оптимальных параметрах процесса. В

заключительной части четвертой главы автором была исследована кислото- и щелочестойкость полученных высокопористых материалов. На основании полученных экспериментальных данных был сделан вывод о потенциальной возможности использования данного вида материалов в качестве фильтров для очистки загрязнённой воды.

В главе 5 автор резюмирует все полученные экспериментальные результаты и приводит выбранные оптимальные режимы получения пористой керамики и ВПЯМ.

Представленные в диссертационной работе данные обладают новизной и являются оригинальными. Полученные результаты соответствуют поставленной цели и задачам, а тема диссертации соответствует заявленной специальности.

Работа Зо Е Мо У хорошо оформлена, содержит большое количество фактического и иллюстративного материала. Основные результаты работы (выводы) четко сформулированы автором. Текст диссертации и автореферата изложен хорошим научным языком. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. По материалам диссертации опубликовано 19 печатных работ, в том числе 12 статей в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК, а 7 публикаций входят в базу данных WoS и SCOPUS.

Замечания по диссертационной работе:

1. Представленные в автореферате и самой диссертации РЭМ-изображения образцов сплющены вдоль вертикальной оси. Желательно масштабировать такого рода иллюстративный материал с сохранением пропорций.
2. В диссертации встречаются некоторые опечатки и грамматические ошибки, что печально, но не оказывает существенного влияния на её научную и практическую значимость.

Заключение по работе

Диссертационная работа Зо Е Мо У " Пористая и высокопористая керамика из оксида алюминия и карбида кремния " является научно-квалификационной работой, в которой прослеживается логика и путь создания целевых материалов с опорой на теоретические представления. Работа имеет существенное значение для развития технологии керамических материалов и изделий.

Работа отвечает требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней" (утверждено постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 в ред. Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 № 335), выдвигаемым к работам, представленным на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор, Зо Е Мо У, безусловно, заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук.

наук по специальности 05.17.11 — Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Официальный оппонент:  Б.Л. Красный

Красный Борис Лазаревич

доктор технических наук по специальности
05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов;

Генеральный директор общества с ограниченной ответственностью "Научно-технический центр "Бакор"

108851, г. Москва, г. Щербинка, ул. Южная, д.17. тел. 8(495)502-78-68, e-mail:
bakor@ntcbakor.ru

Веб-сайт: <http://ntcbacor.ru/>

Подпись официального оппонента Красного Б.Л. заверяю:

Начальник отдела кадров



Губина О.В.

17.04.2019