

УДК 762

Азаров С.М., Дробыш А.А., Афанасьева Н.А.

**ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТОВ**

БНТУ, Минск

Изделия из алюмосиликатной керамики широко используются для разделения и обогащения газов методом избирательной фильтрации, барботирования жидкости при выращивании различных грибов и бактерий, механической очистке жидкостей, газов и пр. Весьма перспективно применение керамических фильтров для очистки жидкостей различного рода, в том числе агрессивных, а также дизельного топлива, бензина, различных масел и других нефтепродуктов.

Широкие возможности предоставляют многослойные керамические фильтроэлементы, состоящие из набора фильтрующих слоев с различным размером пор. Многослойный элемент позволяет максимально эффективно очищать различные среды, сохраняя высокую производительность и способность к регенерации. Эта способность пористой керамики определяется возможностью ее изготовления с заданным размером (от десятых до сотен микрон) и свойствами поверхности пор, регулируемые процессами химической модификации. Возможность изготовления элементов на основе алюмосиликатных пористых порошковых материалов сложной геометрической формы с высокой механической прочностью определяют их хорошую конструктивность и долговечность. Благодаря использованию ППМ на основе алюмосиликатов в Республике Беларусь разработан и производится ряд промышленных установок для тонкой и предварительной очистки технологических жидкостей и газов, жидких пищевых продуктов, питьевой и сточной воды, очистки и осушки сжатого воздуха и газов и т.п.

В современных условиях, когда практически все высококачественные алюмосиликатные и силикатные сырьевые материалы резко выросли в цене, для развития технологий пористой керамики особо значимой становится роль местного силикатного сырья, в частности песка, а также отходов фарфорового производства в качестве алюмосиликатного сырья. Это обуславливает необходимость изыскания путей и возможностей рационального использования этих сырьевых материалов при разработке технологий и технологических приемов создания многослойных пористых изделий.

Для создания основы таких материалов необходимо использовать крупнодисперсные порошки. Все научные и технологические усилия исследователей и технологов ранее были направлены на формирование структуры пористых материалов из мелкодисперсных порошков. Причем, традиционно, целью усилий было создание наиболее равномерной пористой структуры материала путем повышения гомогенности исходной шихты для формования. Поэтому при создании пористых материалов из крупнодисперсных порошков возникает целый перечень проблем, без решения которых невозможно построить рациональные технологические процессы производства пористых изделий на основе силикатов и алюмосиликатов. Технологическим приемам создания и исследованию свойств пористых материалов на основе силикатов и алюмосиликатов посвящено большое количество работ. Краткий анализ возможностей разработанных технологических приемов и результатов научных исследований по данной проблематике приведен ниже.

Традиционно в технологии создания проницаемых материалов последовательно проводятся следующие основные технологические операции: приготовление исходной шихты; формование заготовки; спекание изделия.

В практике создания пористых керамических материалов режимы приготовления исходной шихты определяются

методами последующего формования изделий. Из-за высокой температуры и традиционной окислительной атмосферы не используется спекание керамических порошков в состоянии свободной насыпки. Поэтому технологическая прочность заготовок после формования должна обеспечить транспортировку, предварительную механическую обработку и спекание без вспомогательной оснастки.

Весь спектр технологических приемов приготовления шихты для формования обычно предполагает целью разрушение природной структуры материалов до частиц с размерами менее 20 мкм и получение однородной массы в процессе формообразования. Традиционно пластичные материалы распускают с использованием лопастных мешалок в воде. Силикатные и алюмосиликатные порошки сортируют, освобождают от посторонних примесей, промывают, подвергают дроблению и грубому помолу. Тонкий помол производят в шаровых мельницах. Полученную массу обезвоживают на специальных пресс-фильтрах до влажности 23-25 % и направляют на вылеживание в течение 2 недель. Затем массу обрабатывают на массомялках и вакуум-прессах для удалений включений воздуха и придания массе необходимой пластичности. Ясно, что при использовании в качестве исходного материала частиц с размерами более 200 мкм подобный набор технологических приемов в любых вариациях не позволит создать массу пригодную для формования. Исходная шихта, приготовленная подобным образом, во-первых, не будет иметь пластичности, а, во-вторых, грубодисперсные частицы из-за высокой первоначальной влажности будут в процессе сушки создавать агломераты размерами в несколько миллиметров, что резко ухудшит однородность шихты. Поэтому, только изменяя способы подготовки шихты для формования можно целенаправленно управлять процессами структурообразования дисперсных систем для получения пористых материалов с заданными свойствами.

Способы формования пористых материалов на основе алюмосиликатов

Способы формования давлением различаются по ряду условий реализации процесса: температуре, скорости приложения нагрузки и др.

Высокотемпературные способы прессования направлены преимущественно на получение высокоплотных материалов и в производстве проницаемых материалов практически не используются. Высокоскоростные способы прессования не позволяют получать проницаемые материалы с высокой пористостью, и поэтому также мало распространены в производстве. Способы прессования шихты со статическим приложением нагрузки позволяют варьировать свойствами прессовок в более широком диапазоне. В зависимости от реализуемой схемы, вида технологического оборудования и инструмента конкретные способы прессования ориентированы на получение того или иного вида изделий. Так, прессование в жестких пресс-формах с одноосным нагружением используют преимущественно для изготовления проницаемых материалов форме дисков, таблеток. Прокаткой порошков получают проницаемых материалов в форме листов. Мундштучным прессованием (экструзией) получают длинномерные пористые изделия разнообразной формы. Однако ограничения, заложенные в энергосиловых параметрах при экструзии отрицательно скажутся на прочностных свойствах отформованных заготовок пористых материалов из крупнодисперсных керамических порошков, к тому же продавливание через фильеру способствуют «зализыванию пор» на поверхности изделия. При спекании пористых материалов, сформованных экструзией, имеет место искажение формы изделий на стадиях сушки и спекания. Гидростатическим прессованием получают изделия разнообразной формы и типоразмеров с равномерным распределением плотности по объему. Ограничениями к широкому распространению способа при получении таких материалов

является относительно низкая производительность, сложность подготовки пресс-форм (нужны герметизация и вакуумирование), низкая культура производства из-за контакта рабочей жидкости с пресс-формой.

Способ радиального прессования позволяет получать длинномерные осесимметричные пористые изделия с развитой поверхностью в форме труб, стаканов, конусов. Изделия такой формы успешно используются в процессах фильтрации и разделения сред, что в совокупности с достаточно высокой производительностью и низкими энергозатратами способа прессования делает эффективным его использования для формования заготовок, в том числе, из малопластичных керамических порошков. Это позволяет рассматривать способ сухого радиального прессования как базовый при разработке технологии получения пористых материалов на основе силикатов и алюмосиликатов.

В то же время, радиальное прессование крупнодисперсных керамических порошков без разработки специальных технологических приемов не создает возможностей для эффективного формования пористых материалов. Основными причинами являются сложности в достижении равной плотности сформованного изделия из-за неравномерной укладки частиц в объеме пресс-формы. Кроме того, с увеличением размера частиц порошка значительно возрастает трение о стенки пресс-формы и между отдельными частицами. Силы трения препятствуют передаче давления соседним слоям, что приводит к неравномерному распределению давления по изделию, а, следовательно, к увеличению неоднородности характеристик сформованного изделия (плотность, прочность и т.д.). Укрупнение порошка требует повышения давления прессования выше допустимого предела, после которого наблюдается хрупкое разрушение керамических частиц.

Ранее уплотнению подвергали кварцевый песок (ГОСТ 22551-77), рассеянный по фракциям $(+315)\div(-630)$, $(+200)\div(-315)$ и (-200) мкм. Авторами работы установлено, что снижение интенсивности роста относительной плотности порошковой среды наблюдается в диапазоне давлений 60-130 МПа.

Низкая чувствительность к росту давления при этом проявляется для любой из рассматриваемых фракций порошка, начиная с давления 90 МПа. Рассматривая деформируемую порошковую среду как неоднородную, можно констатировать, что относительно невысокий уровень внешнего деформирующего давления, вызывающего разрушение значительной части дискретного материала, объясняется следующим обстоятельством. Микроплощадки сдвига материала не принадлежат некоторой гладкой поверхности разрушения, вид и положение которой определяются направлением главных напряжений, а имеют направления, проходящие вдоль раздела фаз, прочностные свойства на которых минимальны.

По мере увеличения внешнего давления и структурной деформации в объеме тела имеет место переориентация контактных площадок между структурообразующими элементами, стремящихся занять положение, близкое к ортогональному по отношению к главному нормальному напряжению. Следствием этого является рост сопротивления сдвиговым деформациям в дискретном теле, что и приводит к разрушению частиц.

Поэтому поиск технологических приемов, направленных на создание возможностей пластического деформирования шихты, является условием выбора радиального прессования, как перспективного способа формования пористых материалов из крупнодисперсных керамических порошков.