

последующего создания новых проницаемых и композиционных материалов с уникальными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петюшик Е.Е., Реут О.П., Якубовский А.Ч. Основы деформирования проволочных тел намотки.— Мн.: УП «Технопринт», 2003. — 218 с.

2. Петюшик Е.Е. Построение модели деформирования тел намотки из непрерывного металлического волокна // Прогрессивные технологии обработки материалов давлением: Материалы междунар. научно-техн. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. ак. АН БССР В.П.Северденко / Под общ. ред. А.В. Стспаненко. — Мн.: УП «Технопринт», БНТУ, 2004. — С. 245-249.

3. Особенности уплотнения вязаных металлических сеток / В.М. Александров, В.К. Шелег, В.В. Мазюк, Ю.Е. Дроздова // Там же. — С. 237-244.

УДК 621.762.4

Петюшик Е.Е., Азаров С.М.*, Дробыш А.А.

ШИХТА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО КВАРЦА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЧЕННЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Белорусский национальный технический университет,
*Институт общей и неорганической химии НАН Б,
Минск, Республика Беларусь*

Working mass based on natural quartz with additions of meal, enamel and may be liquid glass. Solid can be produced by isostatic pressing in conditions of radial loading. Product is produced by following sintering of solid. Component proportion of working mass is discussed.

Работа фильтрующих изделий основана на способности их материалов (пористых проницаемых) пропускать через себя жидкости и газы. Структура таких материалов образуется дискретными элементами, имеющими (либо не имеющими) механические связи в местах взаимного контакта, и, в общем случае, предполагает наличие системы произвольных каналов (пор). Диапазон фильтрующих материалов чрезвычайно широк: это и исторически первые сыпучие природные материалы (песок, торф и т.п.), и ставшие уже традиционными материалы на основе натуральных химических и минеральных волокон, и пористые материалы, состоящие из частиц порошка на основе металлов и их сплавов, керамики, композиционные материалы из волокон и порошков.

Эксплуатационные свойства пористых материалов и их стоимость, кроме технологии изготовления, в решающей степени определяются природой материала.

Экономически целесообразно использовать натуральное природное сырье, требующее минимальной предварительной обработки, предпочтительно местное. Этим требованиям, применительно к Республике Беларусь, в полной мере удовлетворяет природный оксид кремния — кварцевый песок, балансовые запасы которого на 01.01.02 г. составляют по данным РУП «Белгеология» 51730 тыс. т. [1]. Песок дешев, химически инертен, обладает постоянными физико-химическими свойствами в широком температурном диапазоне. Фильтрующие элементы из силикатных материалов имеют огромное распространение в мире при фильтрации жидкостей, в частности воды. К подготовительным операциям перед использованием можно отнести лишь разделение по фракциям и очистку от примесей.

Природный кварц классифицируют *по условиям образования*: речной, озерный, морской, флювиогляциональный и эоловый; *по назначению*: стекольный, формовочный, гончарный, для фильтрующих слоев, наполнитель красок, строительный, для бытовой химии; *по фракциям*: 0,5–2; 0,5–1,6; 0,7–1,2; 0,8–2; 0,8–2,5 мм. Кварцевые пески разрабатываются в Республике Беларусь на двух (из 4-х выявленных) месторождениях: Ленино и Четверня (оба расположены в Гомельской обл.). Эти пески пригодны для использования в качестве наполнителей формовочных смесей, а также в качестве фильтрующего агента.

В качестве фильтрующего агента природный кварц используется в засыпных фильтрах [2], когда отсутствует жесткая взаимная фиксация частиц песка. Конструктивно засыпной фильтр представляет собой полую емкость, заполненную уплотненным фильтрующим составом. Препятствием для вымывания последнего из фильтра является специальная мембрана. К преимуществам подобных фильтров можно отнести возможность многослойной и многоярусной загрузок, замены фильтрующего агента, промывки загрузок в случае их загрязнения. К недостаткам относят ограничения по фильтрованию газов, громоздкость конструкции — необходимость дренажных и сборно-распределительных систем, большие габаритные размеры, жесткие эксплуатационные рамки, стационарность фильтрующего агрегата.

Как фильтрующий материал засыпных фильтров кварцевый песок имеет следующие характеристики: диаметр зерен 0,5...3,0 мм, плотность — 2400...2600 кг/м³, насыпная плотность — 1500...1700 кг/м³, пористость — 30...40%, коэффициент формы зерен 1,07...1,17, взвешивающая скорость — 0,16...0,25 м/с, измельчаемость 4,0%, истираемость 0,5%. В промышленности Западных стран преимущественно используется кварцевый песок с диаметром зерен в 1 мм.

Представляется перспективным создание патронных фильтрующих элементов из природного кварца — пористых проницаемых тел трубчатой и слож-

ной формы, обладающих высокими каркасными свойствами (способностью противостоять существенным механическим нагрузкам) и заданной поровой структурой (максимальный и средний размеры пор, скважность). Это позволит разрабатывать гибкие фильтрующие системы картриджного типа с широким диапазоном эксплуатационных параметров и, соответственно, областей применения.

В этой связи актуальна задача консолидации исходно порошкообразного природного кварца в пористые проницаемые изделия. Основная масса исследований в области консолидации порошковых материалов на основе кварца (динаса, муллит-кремнеземистой, кордиеритовой керамики) сосредоточена в части получения высокоплотных огнеупорных изделий и изделий специального назначения и не позволяют изготавливать пористые изделия на стадии их формообразования (прессования). Формирование заданной поровой структуры в изделии является сложной технологической задачей. Поэтому реализация традиционной технологии порошковой металлургии, предполагающей осуществление процессов прессования заготовок изделий заданной формы (обычно, в виде тел вращения) и последующего их спекания, требует проведения ряда исследований. А именно, исследования процессов деформирования порошков природного кварца, в том числе, определения приемлемого состава шихты для прессования и технологических режимов ее подготовки, и процессов спекания полуфабрикатов, изучения свойств изделий в зависимости от условий их получения.

Структурное строение порошковых материалов определяется размером и формой частиц порошка (обычно частицы карьерного песка имеют форму равноосного многогранника), режимами прессования и спекания. К особенностям механических свойств кварца относится исходно низкий ресурс пластичности, что не позволяет частицам деформироваться при обработке давлением пластически. Вместе с низкими адгезионными характеристиками кварца этим лимитируется максимальное давление прессования (при большом давлении наблюдается не уплотнение, а измельчение порошка) и определяется потребность в применении связующих материалов в исходной шихте. С целью минимизации касательных напряжений в деформируемом дискретном теле важна используемая схема прессования. Исходя из этого и с учетом требований к конфигурации пористых изделий (преимущественно, трубчатой), целесообразно использовать схему радиального прессования. Такая схема успешно реализуется, в частности, способом холодного изостатического (радиального) прессования [3], обеспечивающим высокую и равномерную пористость прессовок, требующим относительно несложного оборудования.

Выбор состава шихты определяется сформулированными к ней требованиями.

- возможность обеспечения равномерности состава шихты;
- высокие адгезионные свойства связующих материалов, обеспечивающие прессуемость дискретной заготовки в диапазоне давлений прессования, не приводящих к разрушению материала частиц в локальных областях межчастичных контактов;
- технологическая и экологическая безопасность: полное удаление связующих и пластифицирующих материалов в процессе спекания без образования вредных соединений, как в процессе спекания, так и в остатке;
- наличие в составе порообразователя, обеспечивающего заданный размер пор и равномерность их распределения по объему изделия;
- невысокая стоимость исходных материалов.

Гранулометрический состав порошков для получения пористых изделий должен находиться в пределах $-630+ +40$ мкм в зависимости от требуемых структурных характеристик материала изделий (главным образом, среднего размера пор). Получение таких фракций порошков, в том числе, в узком диапазоне разброса размеров частиц, при использовании современных способов рассева порошков проблем не составляет.

Для исследований использовали порошок природного а-кварца месторождения Ленино. Основываясь на опыте подготовки шихты для прессования изделий на основе фарфора [4], проводились исследования процесса прессования порошков кварца в составе сложной шихты и оценивались результаты спекания (см. табл.).

Таблица

Компонентные составы шихты и качественные результаты их апробирования

№ п/п	Наименование вещества (материала)	Массовая доля, %							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Песок кварцевый (-160+ +80 мкм)	64	64	77	62	68	78	72	78
2.	Жидкое стекло	7	7	5	—	—	3	6	4
3.	Эмаль (или глазурь)	8	9	6	14	11	6	1	1,5
4.	Органический порообразователь	21	20	12	24	21	13	20	12
5.	Аэросил	—	—	—	—	—	—	1	4,5
<i>Поведение составов на основных технологических этапах</i>									
<i>Смешивание</i> — оценивалось по времени достижения гомогенной смеси и визуально по отсутствию комков и наличию неплакированных частиц		+	++	+	+-	-	+	+-	+
<i>Прессование (p=100 МПа)</i> — оценивалось по усилию выталкивания прессовки из прессформы и визуально по сохранению приданной прессовке формы, достаточности прочности для транспортировки		+	+	+	-	—	+	+	+
<i>Спекание</i> — оценивалось по сохранению формы образца и прочности (отсутствию выкрашивания)		+-	+-	+	—	—	++	-	+
		1250°C			950°C				
<i>Вывод о пригодности состава</i>		-	-	+	-	-	+	-	+

Эмаль используется для снижения температуры последующего спекания, жидкое стекло обеспечивает более высокую однородность шихты и способствует повышению адгезии в межчастичных контактах, аэросил способствует повышению прочности спеченных изделий на фоне снижения температуры спекания. Составы смешивали в порядке, указанном в таблице, посредством атритора в течение 5–10 мин. с последующей грануляцией на ситах. Гранулы шихты имели форму, приближающуюся к правильной шарообразной, их диаметр не превышал 1,5 мм.

Прессование образцов в виде таблеток с размерами (рис.1): диаметр 16 мм, высота — 5...15 мм производилось при одностороннем осевом прессовании в стальной прессформе. Условия одноосного прессования являются более жесткими по сравнению с условиями радиального прессования. Такие условия выбирались для гарантированного получения требуемой прочности прессовки до спекания в условиях радиального прессования с учетом масштабного фактора.

Прессование производили на децимальном прессе ДП-36 («Карлцейсс, Германия») при давлении прессования в диапазоне 30 ± 100 МПа. Заполнение прессформы осуществляли на вибростенде при частоте колебаний 30 ± 80 Гц и амплитуде $0,1 \pm 0,5$ мм. Спекание производили в электрической печи сопротивления СНОЛ 7,2/1300 в воздушной среде.

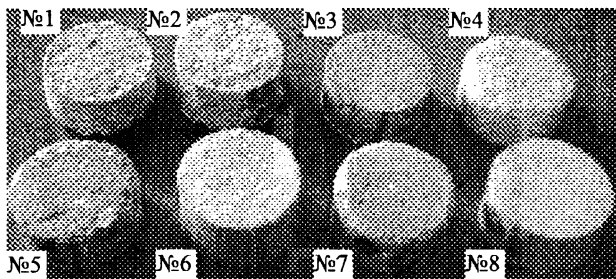


Рис. 1. Вид спеченных образцов из шихты различных составов

Наилучшую смешиваемость и практически полное отсутствие комков показал состав № 2. Состав № 5 показал наихудшие прочностные характеристики образцов непосредственно после прессования (образцы разрушались при извлечении из формы). По комплексу показателей свойств полуфабрикатов и спеченных образцов приемлемыми представляются составы шихты №№ 3, 6 и 8. Очевидно, что оптимальным является массовая доля основного компонента в шихте ~ 76 — 80%. Увеличение количества порообразователя (более 15%) однозначно снижает прочностные характеристики спеченных

образцов за допустимые пределы. Суммарная доля связующих веществ при-
емлема на уровне 9–11%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хомич П.Д., Острогорова Л.О., Янюк Р.П. Кварцевые пески Беларуси, их использование в промышленности // Горный журнал. — 2003. — № 7. — С. 18-19.
2. Журба М.С. Очистка вод на зернистых фильтрах. — Львов: Высшая школа, 1980. — 200 с.
3. Реут О.П., Богинский Л.С., Петюшик Е.Е. Сухое изостатическое прес-
сование уплотняемых материалов. — Мн.: Дзэбор, 1998. — 258 с.
4. Эффективные фильтрующие элементы для патронных фильтров / Пе-
тюшик Е.Е., Азаров С.М., Якубовский А.Ч., Макарчук Д.В. // Современные
технологии, материалы, машины и оборудование: Материалы междунар. на-
учно-техн. конф. — Могилев: МГТУ, 2002. — С. 228-229.

УДК 621.762.4

Петюшик Е.Е., Реут О.П., Макарчук Д.В.

ВАРИАНТ УТОЧНЕНИЯ УСЛОВИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ ДИСКРЕТНЫХ СРЕД

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь*

Refinement procedure of plasticity condition of discrete media for different loading conditions from simple tension up to hydrostatic compression has been proposed. Explicit shape of fluidity surface has been determined on accounting estimations of resistance to deformation of discrete media under different loading schemes taking into consideration the contact theory.

Технологические процессы изготовления изделий из порошков предпо-
лагают в качестве одной из основных операций прессование дискретной за-
готовки. Для расчета конфигурации рабочей полости прессформы с целью
обеспечения равномерности и заданной формы изделия, оценки его каче-
ственных параметров необходима информация о распределении напряжений
и деформаций в деформируемом дискретном теле.

Особенность расчета напряженно-деформированного состояния тела
сложной формы заключается в невозможности упростить определяющие