

3. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 928 с.
4. Шубников А.В. Избранные труды по кристаллографии. М.: Наука, 1975. – С. 359-366.
5. Гольдштейн Р.В. Разрушение при сжатии // Успехи механики. – 2003. – № 2. – С. 3-20.
6. Дэна Дж., Дэна Э.С., Фрондель К. Система минералогии. Т.3: Минералы кремнезёма / Пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – 432 с.
7. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 520 с.
8. Деструкция порошков природного кварца при радиальном обжиге / Е.Е. Петюшик, С.М. Азаров, А.А. Дробыш, Д.В. Макачук // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия: Матер. VII междунар. научно-техн. конф. – Минск: НИИ ПМ НАН Б, 16-17 мая 2006. – С. 121-122.
9. Петюшик Е.Е., Азаров С.М., Дробыш А.А. Шихта на основе природного кварца для получения спеченных фильтрующих элементов // Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь: Матер. междунар. научно-практ. конф. / Под общ. ред. Б.М. Хрусталева. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – С. 286-291.
10. Реут О.П., Богинский Л.С., Петюшик Е.Е. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов. – Мн.: Дзбор, 1998. – 258 с.
11. Заявка на патент РБ № а20050850 МПК⁷ С 04 В 38/00. Состав пористого керамического материала / Ратько А.И., Азаров С.М., Петюшик Е.Е., Дробыш А.А. – Заявл. 30.08.2005.
12. Пат. I С1 ВУ, МПК⁷ В 22F 3/02. Форма для прессования пористых изделий из порошка / Петюшик Е.Е., Реут О.П. Якубовский А.Ч., Дробыш А.А., Гармаза В.В.— № 8060; Заявл. 18.02.2003; Опубл. 30.06.2006 // Официальный бюллетень / Изобретения, полезные модели, промышленные образцы.— 2006.— № 2 (49).— С.58.

УДК 621.762.4

Петюшик Е.Е., Романенков В.Е., Дробыш А.А., Азарова Т.А.
СПЕКАНИЕ ПОРИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ
НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО КВАРЦА

*Белорусский национальный технический университет,
 Минск, Республика Беларусь.*

Questions agglomerations of porous products are discussed. Process is realized by eutectic way. Skeleton of porous products is molding by liquid glass.

Природный кварц – перспективный материал для получения пористых проницаемых материалов и изделий (ППИ) [1]. Однако процессы спекания порошка природного кварца могут осуществляться лишь при температуре ~1200 – 1400 °С (температура плавления кварца 1710°С.), а при охлаждении спеченного тела при температурах 870°С, 575°С происходят полиморфные превращения, сопровождающиеся резким уменьшением объема и, как следствие, возникновением механических напряжений, разрушающих изделия [2]. Поэтому при изготовлении ППИ природный кварц используют с добавками, обеспечивающими сохранение прочности пористого тела на всех этапах производства (формообразование, спекание) и при последующей эксплуатации.

В качестве связующего широко используют жидкое стекло (водный раствор силиката натрия). Кроме того, в жидкое стекло с целью повышения прочности изделий на различных стадиях процесса спекания [1] добавляют каркасообразователи – дисперсные инертные наполнители: молотый стекольный порошок [1, с. 11], кремнефтористый натрий [1, с. 14], известь [3, с. 118]. По ряду причин – кремнефтористый натрий токсичен, стекольный порошок требует энергоемкой предварительной подготовки, известь требует высокой температуры спекания ~950 °С, что превышает температуру полиморфного превращения α -кварц – тридимит, – не теряют актуальности задачи поиска более приемлемых составов шихты с целью повышения экологической безопасности ППИ, технологичности их изготовления, снижения материальных затрат.

Решение этих задач связано с подбором таких составов шихты, когда компоненты могут образовывать низкотемпературную эвтектику и входить в решетку кварцевых частиц. Поэтому важным представляется выявление кинетики спекания пористых материалов на основе природного кварца в составе различных смесей.

В настоящей работе рассмотрены основные закономерности спекания ППИ на основе природного кварца в составе: кварцевый песок ГОСТ 22551-77 фракции (-200)÷(+100) мкм в смеси с жидким стеклом ГОСТ 13078-81 (16 % масс.), каркасообразователем – карбонатом кальция CaCO_3 (мел) (3,8 % масс.) и органическим порообразователем (12 % масс.) [4].

Компоненты смешивали в механическом смесителе, формообразование изделий осуществляли способом сухого радиального прессования [5]. Для определения температуры спекания шихты были проведены термоаналитические исследования на приборе Q-1500D системы F. Paulik, J. Paulik, I. Erdy (Венгрия), со скоростью нагрева 10°С/мин, результаты которого анализировались с использованием диаграммы состояния системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ [6]. Особенности морфологии пористой структуры исследовали методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе марки LEO 1455VP фирмы «Карл Цейсс», а

рентгеноспектральный микроанализ проводили с использованием энергодисперсионного SiLi – полупроводникового детектора фирмы «Röntec» (ФРГ).

Дериватограмма шихты (рис. 1) иллюстрирует ряд термических эффектов, обусловленных превращениями компонентов шихты. При температуре 110°C наблюдается эндопик, свидетельствующий об интенсивном поглощении тепла вследствие удаления физически связанной воды из жидкого стекла. Этому пику соответствует скачкообразное изменение скорости потери массы на кривой DTG. Выделение тепла при температуре 295°C связано с выгоранием органического порообразователя. Поглощение тепла при температуре 380–455°C обусловлено удалением химически связанной воды – образованием безводного силиката натрия. Широкий экзопик в диапазоне температур 500–685°C обусловлен полиморфными превращениями β -кварца в α -кварц (575°C) и превращением β - $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ в α - $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ (678°C). По некоторым данным [5] в силикате натрия, в диапазоне температур 500–707°C происходит пять полиморфных превращений при температурах 549, 573, 593, 678 и 707°C. Широкий эндопик при температуре 750–850°C обусловлен распадом

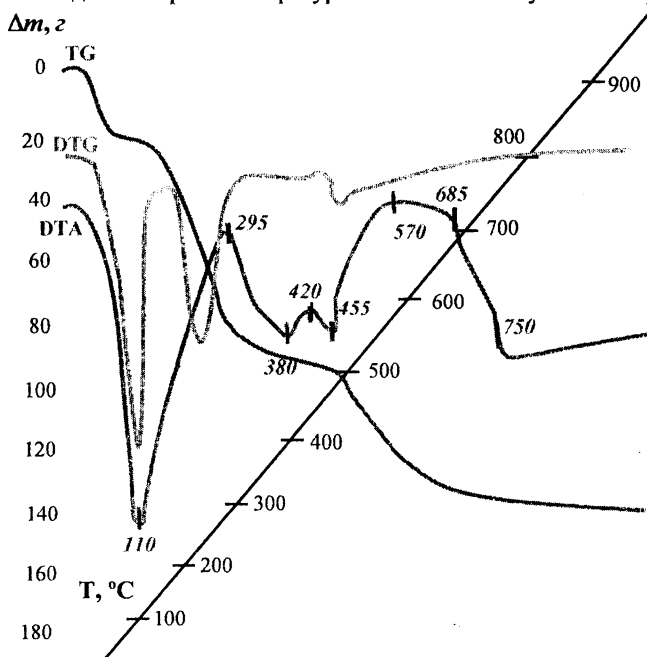


Рис. 1. Дериватограмма шихты на основе природного

безводного силиката натрия на α -кварц и α - $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ (768°C) и эвтектическими превращениями системы при температурах 793 и 846°C с образованием жидкой фазы [1, 6].

Силикат натрия расплавляется при температуре 874°C (при этом может наступить разрушение спекаемого тела под действием сил гравитации за счет «смазки» жидкой фазой межчастичных контактов), а полиморфное превращение α -кварц – тридимит происходит при температуре 870°C (возникает дополнительный риск нарушения сплошности спекаемого тела, преимущественно при его охлаждении, из-за возникновения механических напряжений). И то, и другое нежелательно при спекании ППИ на основе кварца. Учитывая это обстоятельство, и исходя из данных термоаналитического исследования, температура спекания должна быть в диапазоне 846 – 870°C . С позиций энергосбережения принята температура спекания изделий на основе природного кварца: 850°C .

Анализ структуры спеченного материала ППИ на основе природного кварца, полученного при указанных условиях, с учетом результатов рентгеноспектрального микроанализа позволяет констатировать следующее (рис. 2). Частицы кварца покрыты пленкой силиката натрия, введенного в исходную шихту в виде жидкого стекла, плакирующего частицы кварца. Силикат натрия является и материалом, формирующим в результате диффузионно-вязкого течения качественные межчастичные контакты. Из рис. 2 видно, что средний размер контактных перешейков составляет $\sim 0,3$ радиуса частиц природного кварца. В пленке хорошо заметны вкрапления частиц карбоната кальция. В диапазоне температур спекания ППИ на основе кварца карбонат кальция не претерпевает каких-либо изменений (при атмосферном давлении и температуре 885°C происходит его диссоциация без расплавления [2]). Карбонат кальция снижает риск относительного смещения частиц основного компонента шихты (кварца) в диапазонах температур, когда органический порообразователь уже выгорел и не выполняет функций связки и, особенно, в момент появления жидкой фазы (793°C), за счет повышения трения между частицами.

После спекания морфология частиц кварца изменяется за счет залечивания силикатом натрия как исходных дефектов поверхности частиц (рис. 3), так и вновь образующихся в процессе прессования в результате хрупкого разрушения частиц. Поверхность частиц становится более гладкой, что способствует повышению эксплуатационных свойств ППИ, в частности, увеличению проницаемости. Это возможно благодаря тому, что спекание протекает с образованием жидкой фазы.

Таким образом, рассмотренный качественный состав шихты представляется удачным с точки зрения возможности обеспечения качественных межчастичных контактов, а также с точки зрения снижения

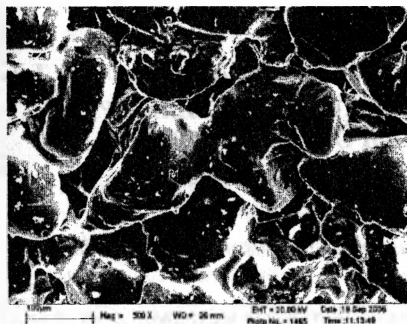


Рис. 2. Вид структуры спеченного материала



Рис. 3. Вид поверхности частиц природного кварца

энергозатрат процесса спекания, поскольку обеспечивает значимое снижение температуры (с 950 до 850°C).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Смирнова, К.А. Пористая керамика для фильтрации и аэрации / К.А. Смирнова. – М.: Metallurgy, – 1968. – 148 с.
- 2 Большая советская энциклопедия: в 30 т. / ред. кол.: А.М. Прохорова (гл. ред.) [и др.]. – 3-е изд. – М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1973. – Т. 12. – 631 с.
- 3 Гузман, И.Я. Высокоогнеупорная пористая керамика / И.Я. Гузман. – Приокское изд. – 1975. – 196 с.
- 4 Петюшик, Е.Е. Шихта на основе природного кварца для получения спеченных фильтрующих элементов / Е.Е. Петюшик, С.М. Азаров, А.А. Дробыш // Проблемы инженерно-педагогического образования Республики Беларусь: Материалы междунар. научно-практ. конф., Минск, 21-22 октября 2004 г. / БНТУ; ред. кол.: Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2004. – С. 221-223.
- 5 Петюшик, Е.Е. Пористый проницаемый материал на основе оксида кремния / Петюшик Е.Е., Азаров С.М., Дробыш // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: Тез. докл. 6-й Междунар. научно-техн. конф., Гродно, 1-2 ноября 2005 г. / ГрГУ; ред. кол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2005. – С. 95-96.
- 6 Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. Выпуск 1-й. Двойные системы / ред. кол.: Н.А. Торопов [и др.]. – Л.: Изд. «Наука», Ленингр. отд., 1969. – 822 с.