

УДК 666.3-127.7, 666.3-134.1

Ю. Г. Павлюкевич, доц., канд. техн. наук

Н. Н. Гундилович, аспирант

pauliukevich@belstu.by (БГТУ, г. Минск)

О.Кизиниевич, доц., канд. техн. наук

olga.kizinievic@vgtu.lt

(Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литва)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТОЙ ПРОНИЦАЕМОЙ ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТОЙ КЕРАМИКИ**

В настоящее время проницаемые керамические материалы для микрофльтрации дисперсных систем широко применяются во многих отраслях производства. Использование микрофилтрующих материалов в пищевой и химической промышленности позволяет значительно снизить энергоемкость процессов очистки либо концентрирования жидких дисперсных систем по сравнению с процессами выпаривания или вымораживания, улучшить качество и повысить выход получаемых продуктов.

Пористые проницаемые материалы применяются в установках для сепарации и концентрирования биологических сред, фльтрации рабочих жидкостей и водоочистки, и эксплуатируются при давлениях 0,5–2 МПа. Они должны обладать высокой механической прочностью при сжатии на уровне 30–100 МПа, позволяющей обеспечить надежную работу материала без разрушения в условиях высоких перепадов давлений и при гидроударах.

В исследованиях физико-механических свойств пористых керамических материалов большое внимание уделяется изучению взаимосвязи механической прочности с параметрами поровой структуры. Известно, что механическая прочность керамического материала снижается при повышении пористости по экспоненциальному закону, зависит от размера пор.

При получении проницаемой керамики на основе монофракционных составов наполнителя пористость составляет порядка 30–40 %. Механическая прочность таких материалов при неизменных значениях пористости определяется физико-химическими свойствами связующего и процессами протекающими в них при синтезе материала. Однако данным вопросам в научно-технической литературе уделяется недостаточное внимание.

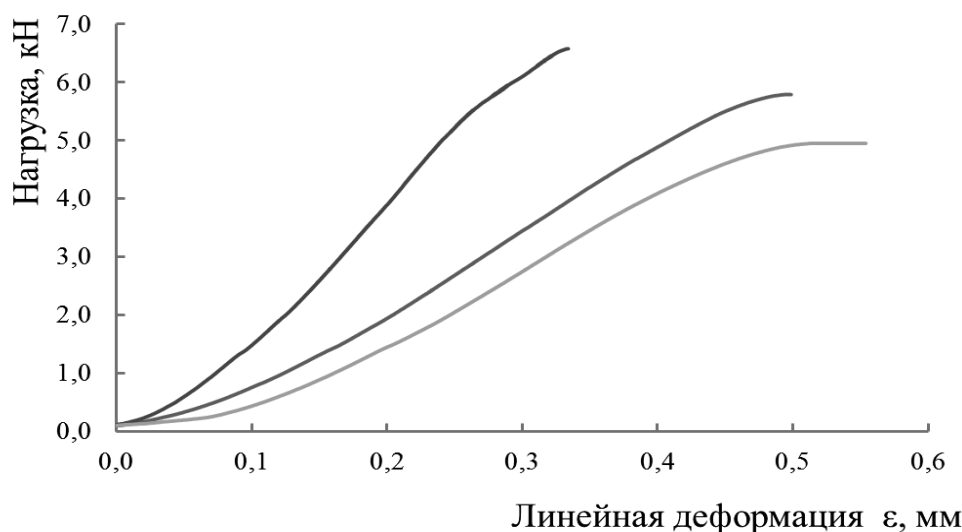
С целью изучения влияния физико-химических свойств связующих, а также процессов, протекающих в них при обжиге, на механическую прочность пористой проницаемой керамики на основе уз-

кофракционных составов электрокорунда в работе были исследованы связующие, отличающиеся между собой по ТКЛР, механическим свойствам и фазовому состоянию.

Содержание наполнителя (электрокорунд 14А) в керамических массах варьировалось в пределах 85–95 мас. % (здесь и далее по тексту, если не указано особо, приведено массовое содержание), связующего – 5–15 %.

Связующее, состоящее из глины веселовской в количестве 75–85 %, боя стекла медицинского ХТ-1 5–15 %, мела волковысского 5–15 %, в процессе высокотемпературной обработки активно кристаллизуется с образованием муллита и анортита, фазовое состояние обожженного материала представлено кристаллическим веществом. При обжиге связующее на основе глины веселовской 50–60 %, боя стекла медицинского ХТ-1 15–30 %, мела волковысского 15–30 % плавится с образованием стеклофазы. В процессе обжига связующего, состоящего из глины веселовской 70–75 %, боя стекла медицинского ХТ-1 5–15 %, мела волковысского 10–25 % наблюдается образование расплава с его дальнейшей кристаллизацией, что приводит к получению стеклокристаллического материала.

Определения механической прочности образцов пористой проницаемой высокоглиноземистой керамики осуществлялось на приборе Walter+BaiAG LFM 100 (Швейцария). На рисунке 1 представлена диаграмма сжатия керамики, полученной на основе керамической массы, содержащей 90 % наполнителя и 10 % связующего.



**Рисунок 1 – Диаграмма сжатия образцов, содержащих кристаллические (3), стекловидные (2) и стеклокристаллические (1) связующие**

Для керамических материалов чаще всего характерно хрупкое разрушение под нагрузкой, однако, при испытании пористой проницаемой керамики, не всегда происходит резкое разрушение образцов, характерное для хрупких материалов. Из рисунка 1 видно, что при приложении к материалу сжимающей нагрузки он деформируется, хрупкого разрушения не наблюдается. При повышении механической нагрузки образец начинает деформироваться, при этом наблюдается отрыв каркасообразующих частиц друг от друга и разрушение связующего. Образующийся порошок вдавливается в каналы вновь разрушаемых поровых структур. Вне зависимости от типа применяемого связующего, разрушение при сжатии образцов пористых керамических материалов носит аналогичный характер. В работе значения механической прочности материала оценивались по нагрузке, соответствующей 5 % деформации его исходной высоты.

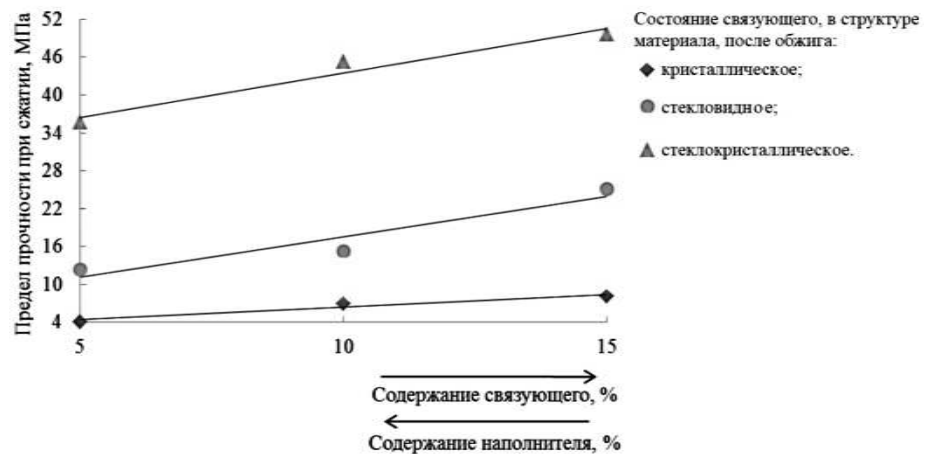
В таблице 1 представлены значения механической прочности при сжатии ( $\sigma_{сж}$ ) и открытой пористости образцов ( $P_o$ ), полученных на основе керамической массы, содержащей 90 % наполнителя и 10 % связующего.

**Таблица 1 – Физико-механические свойства образцов, обожженных при температурах 1200–1300 °С**

Состояние связующего в структуре материала после обжига	Показатели прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ (МПа) и открытой пористости $P_o$ (%) образцов, обожженных при температуре					
	1200 °С		1250 °С		1300 °С	
	$\sigma_{сж}$	$P_o$	$\sigma_{сж}$	$P_o$	$\sigma_{сж}$	$P_o$
Кристаллическое	7,38	39,05	8,60	38,69	9,50	37,98
Стекловидное	13,37	38,54	15,20	38,13	20,19	37,66
Стеклокристаллическое	19,28	38,87	34,70	38,43	45,57	37,85

Результаты определения механической прочности образцов при сжатии, представленные в таблице 1, позволяют сделать вывод, что при сопоставимой пористости материала наибольшей механической прочностью обладают образцы, полученные с использованием связующих, образующих в процессе обжига расплав с его дальнейшей частичной кристаллизацией с выделением фазы анортита. Физико-химические свойства связующих обуславливают процессы взаимодействия расплава с поверхностью каркасообразующих частиц и фазообразования, которые имеют определяющее значение в обеспечении механической прочности.

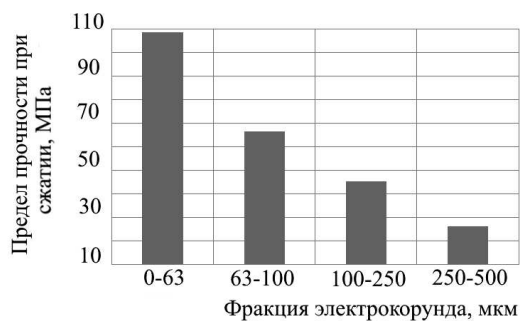
На рисунке 2 представлена графическая зависимость значений механической прочности при сжатии от содержания связующего в керамических массах.



**Рисунок 2 – Зависимость механической прочности образцов от количества связующего в составе исходных масс**

Из рисунка 2 видно, что повышение содержания связующего в составе масс приводит к росту количества образующегося при обжиге расплава, который заполняет поры в материале, благодаря чему, увеличивается площадь контакта между частицами наполнителя в обожженном материале. При этом прилагаемая нагрузка распределяется на большую площадь, что приводит к повышению механической прочности материала.

На рисунке 3 представлены значения механической прочности при сжатии образцов, в зависимости от фракционного состава электрокорунда.



**Рисунок 3 – Гистограмма значений механической прочности материала при различном фракционном составе наполнителя**

На основе данных, представленных на рисунке 3, можно сделать вывод, что с увеличением дисперсности электрокорунда механическая прочность при сжатии возрастает. Это обусловлено интенсификацией процесса спекания, вследствие повышения поверхностной энергии частиц и площади взаимодействия со связующим.

*Работа была выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Т15ЛИТ-011) и Научного совета Литвы (проект № ТАР-LB-15/2015).*