

## ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА НА СВОЙСТВА СТЕКЛОКРЕМНЕЗЕМИСТОЙ КЕРАМИКИ

Структура и свойства керамических изделий формируются в процессе их производства и зависят от химической и минералогической природы сырья, а также от технологических режимов на различных стадиях производственного цикла.

Изготовлению керамики предшествует ряд операций, без которых невозможно достигнуть высокого качества изделий.

Одним из важнейших условий улучшения физико-механических показателей образцов является измельчение исходного сырья. В настоящее время вопрос измельчения исходных компонентов достаточно изучен [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Однако в каждом отдельном случае необходим индивидуальный научный подход к данному вопросу. Поэтому исследования данной работы связаны с изучением влияния дисперсности кварцевого песка на свойства стеклокремнеземистых материалов.

Стеклокремнеземистые массы приготавливались из молотого кварцевого песка Лоевского месторождения и измельченного боя оконного стекла Гомельского стеклозавода им. М. В. Ломоносова. Лоевский песок является сравнительно чистым, поэтому при изучении свойств стеклокремнеземистых материалов исключается возможное влияние на них различных примесей.

Степень измельчения кварцевого песка и стекла характеризовалась удельной поверхностью ( $S$ ,  $\text{см}^2/\text{г}$ ) и определялась на усовершенствованном приборе Товарова. Способ определения удельной поверхности основан на гидравлическом сопротивлении порошка при просасывании через него воздуха в зависимости от размера частиц.

Измельчение песка осуществлялось до удельной поверхности 1000, 2000, 3000 и 5000  $\text{см}^2/\text{г}$ . Для сравнения был использован также и немолотый песок, удельная поверхность которого составляла 300  $\text{см}^2/\text{г}$ . Степень измельчения стекла была постоянной и равнялась 3000  $\text{см}^2/\text{г}$ .

Из исходных материалов составлялись смеси в соответствии с разработанным составом масс, представленным в табл. 1.

О влиянии дисперсности кварцевого песка судили по данным механической прочности при сжатии, водопоглощению, пористости, объемной массы и усадки. Указанные свойства определяли на образцах-цилиндриках размером  $d = h = 10 \text{ мм}$ , из-

Таблица 1. Состав стеклокремнеземистых масс

Содержание		Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	
песка	стекла	песка	стекла
70	30	300	3000
70	30	1000	3000
70	30	2000	3000
70	30	3000	3000
70	30	5000	3000

готовленных полусухим прессованием на гидравлическом прессе при удельном прессовом давлении 250 – 260 кгс/см<sup>2</sup> и обожженных при 850°С. Выдержка при максимальной температуре обжига 1 ч.

Водопоглощение (W, %) определялось согласно ГОСТУ 7025 – 67 "Материалы стеновые и облицовочные. Методы определения водопоглощения и морозостойкости".

Объемная масса ( $\gamma_{об}$ , г/см<sup>3</sup>) рассчитывалась по весу и объему образцов.

Открытую пористость ( $\Pi_o$ , %) вычисляли по формуле

$$\Pi_o = W \gamma_{об}.$$

Предел прочности при сжатии ( $\sigma_{сж}$ , кгс/см<sup>2</sup>) определялся на автоматическом прессе марки "Риле" с делением шкалы 2 кг и рассчитывался по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{S} = \frac{4P}{\pi d^2} = 1,274 \frac{P}{d^2},$$

где P – разрушающая нагрузка; d – диаметр образца.

Объемную усадку ( $\Delta V$ , %) определяли по изменениям объема образцов до ( $V_1$ ) и после ( $V_2$ ) обжига и вычисляли по формуле

$$\Delta V = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \cdot 100\%.$$

Влияние дисперсности кварцевого песка на водопоглощение, пористость, усадку, механическую прочность при сжатии и объемную массу образцов изображено в виде графической зависимости на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что дисперсность кварцевого песка оказывает существенное влияние на свойства стеклокремнеземистой керамики: с повышением его степени измельчения увеличиваются механическая прочность, объемная масса, усадка и снижаются открытая пористость и водопоглощение.

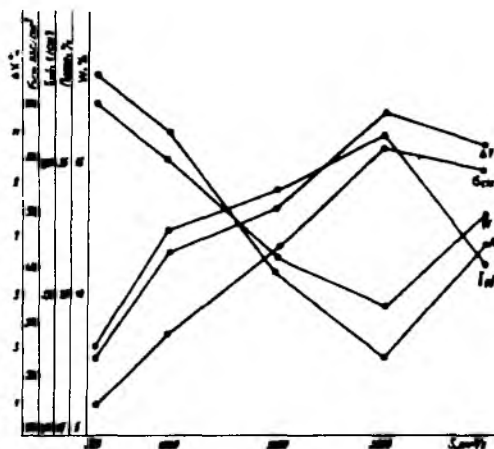


Рис. 1. Зависимость свойств стеклокремнеземистой керамики от степени измельчения кварцевого песка.

Минимальные значения механической прочности ( $145 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ), усадки (2,8%), объемной массы ( $1,66 \text{ г}/\text{см}^3$ ) и максимальные значения водопоглощения (17,1%) и пористости (28,4%) имеют образцы, изготовленные из немолотого кварцевого песка. Изменение степени измельчения песка от 300 до  $3000 \text{ см}^2/\text{г}$  приводит к увеличению объемной массы до  $1,82 \text{ г}/\text{см}^3$ , усадки — до 12%, прочности — до  $665 \text{ кгс}/\text{см}^2$  и к падению водопоглощения до 9,7%.

Данную закономерность можно объяснить тем, что в процессе измельчения кварцевого песка происходит уменьшение размера и изменение формы его зерна. Отличительной особенностью немолотого песка как более крупнозернистого материала является его неспособность интенсивно уплотняться при обжиге. Крупные немолотые зерна песка составляют как бы неизменяемый скелет или наполнитель стеклокремнеземистого материала, мало вовлекаемый в физико-химические процессы. В изделиях, полученных из таких масс, при обжиге происходят сравнительно небольшие объемные изменения. Их линейная огневая усадка не превышает 3 – 5%. Кроме того, эти изделия обладают высокой открытой пористостью.

Между удельной поверхностью кварцевого песка и<sup>1</sup> средним диаметром его частиц в случае их шарообразной формы существует следующая зависимость [7]:

$$D = \frac{60000}{\gamma \cdot S} \text{ мкм,}$$

где  $\gamma$  — истинная плотность материала, г/см<sup>3</sup>.

Принимая истинную плотность кварцевого песка за 2,65 г/см<sup>3</sup>, можно рассчитать средний диаметр его зерна для удельных поверхностей 300, 1000, 2000, 3000 и 5000 см<sup>2</sup>/г, который будет равен соответственно 75, 22, 11, 7 и 5 мк. Для частиц неправильной формы их размер будет несколько большим, чем рассчитанный. Несмотря на это, можно считать, что сумменьшением размера зерен кварцевого песка и с наличием в массе частиц различной формы будет увеличиваться до известных пределов объемная масса и прочность обожженных образцов за счет их более плотной упаковки при прессовании и активного участия в физико-химических реакциях в твердом и жидком состояниях.

Повышение удельной поверхности кварцевого песка свыше 3000 см<sup>2</sup>/г приводит в нашем случае к снижению прочности и объемной массы стеклокремнеземистого материала соответственно до 590 кгс/см<sup>2</sup> и 1,72 г/см<sup>3</sup>. Водопоглощение при этом возрастает до 13%.

Это можно объяснить недостаточностью количества стекловидной фазы, которая выполняет роль цементирующей связки и способствует превращению исходной массы в плотное монолитное тело. При изменении дисперсности кварцевого песка от 300 до 3000 см<sup>2</sup>/г 30%-го содержания стекла в массе достаточно для получения относительно плотного черепка. С дальнейшим повышением удельной поверхности песка при том же количестве стекла в процессе обжига не все поры в материале заполняются стеклосвязкой, что приводит к повышению водопоглощения и снижению механической прочности образцов.

Увеличение прочности и плотности стеклокремнеземистых материалов может осуществляться двумя путями: 1) подбором оптимального гранулометрического состава исходной смеси; 2) увеличением содержания стекловидной составляющей.

В первом случае нами ранее было установлено, что при достаточном разрыве в размерах зерна соотношение крупной и мелкой фракции должно быть примерно равным 7:3 [8]. Если количество мелкой фракции больше оптимального, то "скелет"

крупной фракции раздвигается. Если ее количество меньше оптимального, то пустоты "скелета" остаются незаполненными. В обоих случаях максимальное уплотнение материала не достигается.

Для тонкозернистых масс весьма затруднительно получать зерновые составы порошков с высокой плотностью упаковки. Для этого понадобилось бы тщательное фракционирование и регулирование соотношения частиц с размерами от десятков до долей микрона, что технологически трудно выполнимо. Поэтому в данной работе изучена также возможность получения плотных и прочных стеклокремнеземистых образцов путем увеличения в их составе количества стекла. С этой целью были разработаны составы масс, содержащие 25, 30, 35, 40 и 45% стекла. Результаты изучения водопоглощения, пористости, объемной массы, усадки и механической прочности в зависимости от количества стеклосвязки представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что при изменении в составе исходных масс количества стекла от 25 до 45% значительно улучшается их спекание. При спекании стеклокремнеземистой керамики вследствие физико-химических процессов, происходящих во время обжига и зависящих от количественного состава масс, имеет место уменьшение линейных и объемных размеров образцов, т.е. усадка. Усадка является следствием плавления стеклопорошка и обусловлена капиллярными силами и силами поверхностного натяжения стеклофазы. В результате действия этих сил в массе происходит сближение частиц, вызывающее уменьшение линейных и объемных размеров образца. Для исследуемых материалов усадка возрастает в процессе спекания образцов в зависимости от содержания стекла от 8,3 до 34,0 %.

Таблица 2. Значения основных свойств стеклокремнеземистой керамики в зависимости от количества стекла

Свойства	Содержание стекла, %				
	25	30	35	40	45
Водопоглощение, %	12,8	9,4	4,1	3,4	0,6
Усадка, %	8,3	13,6	21,7	25,9	34,0
Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	1,66	1,78	1,90	1,99	2,15
Пористость открытая, %	21,2	16,7	7,8	6,8	1,3
Предел прочности при сжатии, кгс/см <sup>2</sup>	650	705	752	821	938

Со степенью спекания стеклокремнеземистого материала в тесной связи находятся значения объемной массы, водопоглощения и механической прочности. Величина объемной массы возрастает в зависимости от содержания стекла от 1,66 до 2,15 г/см<sup>3</sup>; предел прочности при сжатии увеличивается при этом почти в 1,5 раза, достигая 938 кгс/см<sup>2</sup> при 45%-ном содержании стеклосвязки; водопоглощение снижается от 12,8 до 0,6%. Таким образом, степень уплотнения и спекания стеклокремнеземистых материалов, а также их механическая прочность находятся в прямой зависимости от содержания стекла. Подбирая оптимальные степень измельчения и количественный состав исходных компонентов, можно получать плотные и прочные готовые изделия из местного сырья, которые найдут широкое применение в народном хозяйстве нашей страны.

### Л и т е р а т у р а

1. Ребиндер П. А. Наука о сверхпрочных материалах. — "НТО СССР", 1965, №3.
2. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика. М., 1958.
3. Будников П. П., Гинстлинг А. П. Реакция в смесях твердых веществ. М., 1965.
4. Гинстлинг А. П. Гранулометрический состав твердой смеси и процесс ее химического превращения. — Сб. научных работ по химии и технологии силикатов. М., 1956.
5. Кайнарский И. С. Динас. М., 1961.
6. Berehs L. Untersuchungen über den Einfluß der Quarz- und Feldspat kerngrößen auf einige Eigenschaften des feinkeramischen Scherbens. — "Tonindustrie - Zeitung und keramische Rundschau". Bd.85, 1961, N2/3.
7. Будников П. П. и др. Химическая технология керамики и огнеупоров. М., 1972.
8. Крюк Л. В., Конопелько И. А. Исследование некоторых свойств стеклокремнеземистой керамики. — В сб.: Стеновые и теплоизоляционные материалы и изделия. Минск, 1969.