

вація при измельченні полезных ископаемых . – Вісник КТУ. – 2007. – №.16. – С.59 – 65. **5. Пилов П.И., Горобец Л.Ж., Верхоробина И.В.** Технологические возможности струйных измельчителей // ГИАБ. – № 3. – 2007. – С. 359 – 367. **6. Горобец Л.Ж., Гаевой В.В.** Влияние способа измельчения вязущих материалов на их физико-механические характеристики // Тези допов. наук.-техн. конф. "Перспективні напрямки розвитку науки і технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів". – Д. – 2003. – С. 9 – 10. **7. Артамонов А.В., Кушка В.И., Воробьев В.В.** Получение цементов в центробежно-ударной мельнице // Вісник національного університету "ХП". – Харьков. – 2007. - № 26. – С. 32 – 36. **8. Козлов В.В.** Сухие строительные смеси. – М.: Изд-во ассоциации строительных вузов. – 2000. – 158 с. **9. Кравченко В.П., Пилов П.И., Горобец Л.Ж., Климанчук В.В., Струтинський В.А., Трубніков В.І.** Спосіб підготовки гранульованого доменного шлаку.- Патент на корисну модель № 18575. – 15.11.2006 р. – 4 с.

*Поступила в редколлегию 11.09.08*

УДК 666/666.7

**В.В. КОЛЕДА**, канд. техн. наук, **Т.Ю. ШМАТЬКО**,  
**С.Г. ПОЛОЖАЙ**, канд. техн. наук, **П.В. РЯБИК**, канд. техн. наук,  
УГХТУ, Днепропетровск

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СТЕКЛОСВЯЗКИ КАРБИДКРЕМНИЕВОЙ СТЕКЛОКЕРАМИКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ТЕРМООБРАБОТКИ**

В роботі визначено та проаналізовано вплив швидкості набору температури на змочувальну здатність натрій-кальцій-силікатних стекол, що використовуються при виготовленні склокераміки, до карбиду кремнію. Показано визначальний вплив кристалізації стекол на можливість перебігу процесів між фазної взаємодії.

In this article are results of investigations it is certain and analyses influence of speed of a set temperature on moistening ability sodium-calcium-silicate glasses which are used at manufacturing glass ceramics to SiC. Significant influence of crystallization of glasses on an opportunity of course of processes of inter-phase interaction is show.

Исследования по разработке высокопрочных керамических и стеклокерамических материалов на основе карбида кремния, которые, как правило, используют при изготовлении различных ответственных износостойких деталей и узлов, становятся все более актуальными. Исходное сырье, применяемое в технологии карбидкремниевой керамики, производится в Украине,

относительно не дорогое и, соответственно, стоимость таких изделий в условиях серийного производства невелика.

Поэтому, указанные материалы могут составить достойную конкуренцию износостойким металлическим сплавам и чугунам, которые, как правило, содержат дорогостоящие и дефицитные компоненты. Чистый карбид кремния до 1550 °С практически не спекается [1], а существующие активизирующие добавки не обеспечивают получение плотного и высокопрочного материала. Проводимыми ранее исследованиями [2], установлено, что растворимость карбида кремния в силикатных стеклах не превышает 1 % даже при температуре 1700 °С.

В связи с отмеченным, интересным на наш взгляд представляется изучение в качестве спекающей добавки для такой керамики различных силикатных стекол.

В работе изучалась композиция «стеклосвязка – карбид кремния», которая рассматривалась как псевдобинарная система, состоящая из двух взаимно не растворимых фаз. В такой системе стеклосвязка играет роль дисперсной среды, а зерна карбида кремния – дисперсной фазы. Ранее проведенными исследованиями [3] было подтверждено, изменение свойств керамических материалов в зависимости от гранулометрического состава используемого порошка карбида кремния (рассматривались порошки в пределах 5 – 40 мкм). Также было определено то минимальное количество стеклосвязки, которое необходимо для получения плотного материала с максимальным сближением зерен SiC. При этом установлено, что наибольшее влияние на свойства стеклокерамики оказывает изменение содержания стеклосвязки в пределах 45 – 51 масс. %. Максимальная плотность составила 2,7 г/см<sup>3</sup> (95 % от теоретической) и достигается при введении в состав стеклокерамики не менее 48 масс. % стеклосвязки.

При формировании плотной и высокопрочной структуры керамического материала определяющим фактором является химическое сродство компонентов шихты друг к другу в процессе термообработки. В нашем случае оно может быть косвенно оценено по образующемуся смачиванию стеклорасплавом поверхности наполнителя. Изучение смачивающей способности и склонности к кристаллизации стеклосвязки в зависимости от состава и скорости набора температуры при спекании карбидокремниевой стеклокерамики, мы проводили на стеклах, составы которых были выбраны при помощи симплекс-центроидного плана третьего порядка.

Исследованный участок охватывал (рис. 1) область эвтектической кривой, соединяющей поля кристаллизации до точки эвтектики с точкой, смещенной в сторону возрастания количества кремнезема при постоянном содержании оксида кальция.

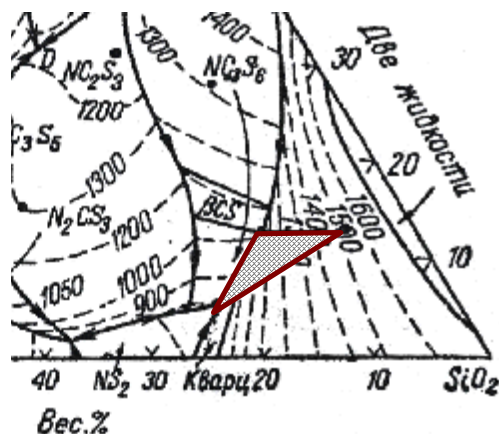


Рис. 1. Исследуемая область составов стекол в диаграмме состояния трехкомпонентной системы Na<sub>2</sub>O – CaO – SiO<sub>2</sub>

Это позволило исследовать достаточно широкий спектр составов стекол различными значениями вязкости, поверхностного натяжения и термического коэффициента линейного расширения. Составы стекол выбранных в соответствии с планом эксперимента и расчетные значения свойств приведены в таблице.

Таблица

Составы и свойства исследуемых стекол, масс. %

Номер состава	Na <sub>2</sub> O	CaO	SiO <sub>2</sub>	Вязкость Па·с	Поверхностное натяжение, Н/м	ТКЛР×10 <sup>7</sup> , °C <sup>-1</sup>
1	13	13	74	2.883	300.737	81.046
2	17	9	74	2.707	291.397	87.435
3	21	5	74	2.533	282.132	93.772
4	13,5	9	77,5	3.013	289.985	77.708
5	6	13	81	3.499	297.919	61.477
6	9,5	13	77,5	3.190	299.330	71.273
7	13,33	10,33	76,34	2.970	293.552	78.806

В опытные шихты диоксид кремния вводился кремниевой кислотой, оксид кальция – карбонатом кальция, оксид натрия – кальцинированной содой, все компоненты квалификации «Ч». Варка стекол проводилась при темпера-

турах  $1450 \div 1580$  °С (готовность стекла проверялась пробой на нить). Сваренные стекла отливались на металлическую плиту и далее отжигались в муфельной печи при температуре  $700 - 760$  °С.

Для объяснения механизма жидкофазного спекания опытных образцов необходимо было получить информацию о смачивающей способности расплавами стекол и их адгезии к материалу подложки (наполнителя). Из опытных стекол отбирались кусочки размером 5-7мм. Они помещались в закрывающийся капсель из шамотно-карбидкремниевой массы, на дне которого находились технический углерод, и далее послойно крупнозернистый карбид кремния марки F-14 (производство ЗАО «Запорожабразив») со средним размером зерен  $D = 1.4$  мм. Схема капселя приведена на рисунке 2.

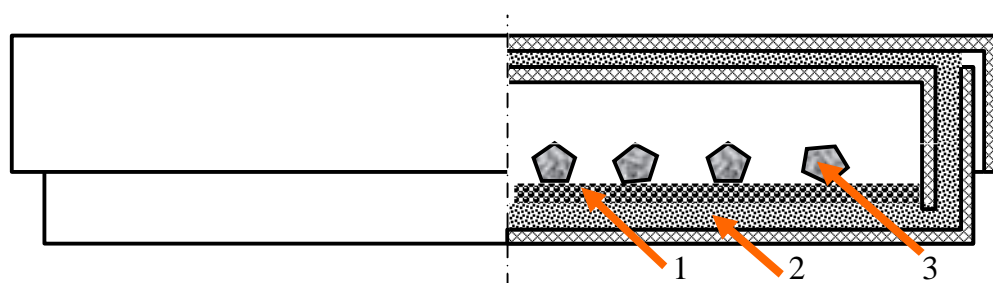


Рис. 2. Капсель для определения смачивающей и кристаллизационной способности стекол при прямом контакте с карбидом кремния.

1 – порошок карбида кремния, 2 – технический углерод, 3 – исследуемое стекло

Термообработка опытных образцов проводилась путем равномерного нагрева капселя до температуры  $1250$  °С. Скорость набора температуры составляла  $2$  и  $4$  °С/мин, что близко к динамике нагрева при обжиге большинства керамических материалов. Кроме того в печи за счет наличия технического углерода в процессе термообработки поддерживалась восстановительная атмосфера, что исключало окисление поверхности зерен SiC. Время изотермической выдержки при максимальной температуре находилось в пределах двух часов. Средняя скорость естественного охлаждения образцов вместе с печью составила около  $1.5$  °С/мин.

Анализ полученных результатов показал, что при заданных условиях термообработки опытные стекла кристаллизуются по-разному. По потере прозрачности образцов и отсутствию оплавления острых граней можно предположить, что кристаллизация стекол составов 4, 5, 6, 7 происходит уже во время подъема температуры.

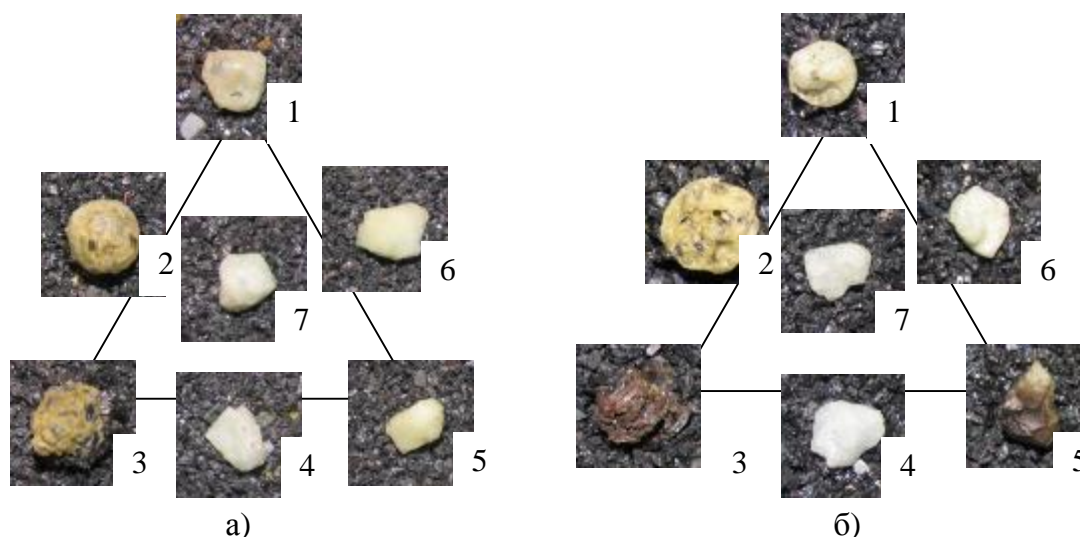


Рис. 3. Внешний вид образцов ( $\times 1.2$ ) опытных стекол после термообработки при скорости нагрева до  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ :  
 а –  $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ ; б –  $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ .

Стекло состава 1 ведет себя по-другому: в случае более быстрого подъема температуры ( $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ ), образец стекла сильно оплавляется и приобретает более округлую форму, однако при маленькой скорости нагрева ( $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ ) форма образца практически не меняется, а лишь частично оплавляются его грани. Лучшая смачиваемость карбидокремниевой подложки наблюдается при контакте зерен SiC с стеклами составов 2 и 3. Эти стекла при указанных условиях термообработки также склонны к кристаллизации, но с учетом того, что их составы лежат выше линии ликвидуса диаграммы состояния трехкомпонентной системы  $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$ , они более легкоплавки и смачивание зерен карбида кремния происходит еще до начала их кристаллизации.

Полученные результаты работы показывают значительное влияние скорости набора температуры на смачивающую способность натрий-кальций-силикатных стекол к карбиду кремнию, и позволяют определить влияние кристаллизации стекол на возможность протекания процессов межфазного взаимодействия при формировании карбидокремниевой стеклокерамики

**Список литературы :** 1. *Войтович Р.Ф.* Окисление карбидов и нитридов.- Киев: Наук.думка, 1981. – 192 с. 2. *Гнессин Г.Г.* Карбидокремниевые материалы – М.: Металлургмиз, 1977. – 152 с. 3. *Положай С.Г., Шматько Т.Ю.* Влияние содержания стеклосвязки на спекание карбидокремниевой стеклокерамики. Научно-технический журнал «Огнеупоры и техническая керамика», № 11, 2006.

Поступила в редколлегию 11.09.08