

полученных на основе фритты глушеной глазури, при введении красящих оксидов CuO , CoO , MnO_2 и Cr_2O_3 .

Литература

1. Глушеная глазурь для хозяйственно-бытовых майоликовых изделий / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк, Е. О. Богдан // *Стекло и керамика*. 2016. – № 6. – С. 27–30.
2. Глушеные глазури с пониженной миграцией вредных веществ при контакте с пищевыми продуктами / Левицкий И. А., Шиманская А. Н. // *Свиридовские чтения: сб. ст.* – Минск: БГУ, 2018. – Вып. 14. – С. 34 – 44.

СИНТЕЗ СТЕКОЛ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ВОЛОКНА

Папко Л.Ф., к.т.н., доцент, Пупышев И.Е.

Белорусский государственный технологический университет

Высокопрочные стекловолокна играют важную роль в производстве композиционных материалов, требующих сочетания высоких показателей прочности, модуля упругости и температуры применения. Высокопрочные высокомодульные волокна (тип S) и материалы на их основе используются в аэрокосмической, авиационной, автомобильной промышленности, индустрии спортивных товаров, медицине. Упруго-прочностные характеристики таких волокон более чем на 30% превосходят аналогичные показатели алюмоборосиликатных стеклянных волокон (тип E). Показатели прочности промышленных высокопрочных волокон составляют 4,4–4,7 ГПа, модуля упругости 84–89 ГПа. По прочности стекловолокно типа S сопоставимо с углеродным волокном при гораздо более высокой температуре применения и низкой стоимости [1].

Высокопрочные высокомодульные волокна разработаны на основе системы $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ при содержании компонентов, мас. %: SiO_2 55,0–65,0; Al_2O_3 24,0–27,0; MgO 9,0–16,0. Промышленный состав стекла типа S содержит, мас. %: 65,0 SiO_2 , 25,0 Al_2O_3 и 10 MgO . Стекла для высокопрочных волокон могут быть модифицированы добавками таких компонентов, как V_2O_5 , TiO_2 , ZrO_2 [1, 2].

Высокопрочные высокомодульные волокна, полученные на основе тугоплавких высоковязких стекол магнийалюмосиликатной системы, производятся по энергозатратной двухстадийной технологии. Она включает варку стекла и формование заготовок на первой стадии процесса, плавление заготовок и вытягивание волокна на второй стадии. Актуальным является разработка составов стекол для получения высокопрочного волокна по одностадийной технологии, при которой стекломасса подается на формование из стекловаренной печи. Для этого необходима разработка составов стекол, пригодных по технологическим характеристикам для энергоэффективной одностадийной выработки высокопрочного волокна.

Синтез стекол для высокопрочного волокна проводился на основе системы $\text{RO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, где RO – MgO , CaO , BaO , ZnO . Для оценки влияния CaO , BaO , ZnO на технологические свойства тугоплавких стекол системы $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ проведена последовательная замена MgO на данные компоненты. Содержание компонентов в составе опытных стекол составляет, мас. %: SiO_2 50–60; Al_2O_3 25–30; MgO 0–15; CaO 0–15; BaO 0–15; ZnO 0–15.

Для оценки скорости процессов стекловарения проведена термическая обработка шихты при температуре 1300 °C в течение 1 ч.

При 1300 °C образец шихты базового состава, включающего, мас. %: 60 SiO_2 ; 25 Al_2O_3 ; 15 MgO , представляет собой порошкообразную уплотненную массу, признаков появления жидкой фазы не имеется. Такую же порошкообразную массу представляют собой образцы, в которых MgO заменен на ZnO и BaO в количестве 5–15 мас. %.

Снижение содержания оксида кремния до 55 мас. % при содержании оксида

алюминия 30 мас.% обуславливает снижение температуры появления жидкой фазы. Образец шихты данного состава при температуре обработки 1300 °С представляет собой плотносспекшуюся массу. При замене MgO на CaO в данном составе процессы стекловарения ускоряются: образцы шихты, прошедшие термическую обработку, остеклованы. С ростом содержания CaO количество стеклофазы в продуктах термической обработки шихты возрастает.

Варка стекол опытных составов проводилась в газовой пламенной печи при температуре 1550±20 °С. Скорость подъема температуры составляла 250 °С/ч, выдержка при максимальной температуре 2 ч.

Стекло базового состава имеет неудовлетворительные технологические свойства, а именно многочисленные кристаллические включения, являющиеся следствием незавершенности процессов стеклообразования. Последовательная замена MgO на CaO в количестве 5–15 мас.% приводит к существенному улучшению качества образцов стекла. На основе стекол системы MgO–CaO–Al₂O₃–SiO₂ получены однородные образцы стекол, не имеющие кристаллических включений. Снижение вязкости расплава с ростом содержания CaO обуславливает эффективное удаление газообразных включений.

При замене MgO на ZnO удовлетворительное качество стекла достигается при введении 5 мас.% ZnO. При содержании ZnO 10–15 мас.% стекла содержат кристаллические включения. Замена MgO на BaO не дает выраженного положительного влияния на технологические свойства стекол.

Таким образом, по результатам синтеза опытных стекол установлено, что в ряду компонентов группы RO только введение CaO обеспечивает ускорение процессов стекловарения и их завершенность при температуре 1550±20 °С.

По результатам исследования физико-химических свойств однородных стекол определены следующие показатели.

Плотность стекол, определенная методом гидростатического взвешивания, составляла 2430–2590 кг/м³. В составе опытных стекол должно быть ограничено применение компонентов, которые повышают плотность, поскольку с ее ростом снижаются удельная прочность и удельный модуль упругости волокна. Данные показатели используются для расчета прочности композиционных материалов, армированных высокопрочными волокнами [1].

Щелочестойкость опытных стекол, которая определялась зерновым способом при обработке 2 N раствором NaOH в течение 3 ч на водяной бане, составляла 95,2–96,9 %. Показатели кислотостойкости стекол, которые определялись по отношению к 2N раствору HCl, составляли 96,5–98,2 %. Влияние замены MgO на CaO на показатели химической стойкости не выявлено. Снижение содержания SiO₂ до 50 мас.% приводит к повышению потерь массы при обработке в агрессивных средах, что связано, очевидно, со снижением степени связности кремнийкислородного каркаса и повышением реакционной способности стекла.

Микротвердость опытных образцов стекол измеряли по методу Виккерса с помощью микротвердометра Walpert Wilson. Показатели микротвердости стекол изменялись от 5580 до 6260 МПа и возрастали при увеличении содержания в стекле оксида магния, что связано с повышением прочности связей R–O.

Показатели модуля упругости стекол, рассчитанные по методу А.А. Аппена, составляли 78,7–84,6 ГПа. Замена MgO на CaO, а также SiO₂ на Al₂O₃ обеспечивает повышение модуля упругости.

Таким образом, замена MgO на CaO в составе стекол системы MgO–CaO–Al₂O₃–SiO₂ улучшает их технологические свойства, однако снижает прочностные показатели. Поэтому для получения высокопрочных высокомодульных волокон на основе стекол данной системы возможно при оптимизации соотношения оксидов магния и кальция в их

составе. Стекло оптимального состава имеет следующие показатели физико-химических свойств: модуль упругости 81,3 ГПа; микротвердость 6100 МПа; плотность 2490 кг/м³; щелочестойкость 96,3 %; кислотостойкость 97,7 %.

Литература

1 Wallenberger, F.T. *Fiberglass and Glass Technology. Energy-Friendly Compositions and Applications* / F.T. Wallenberger, P.A. Bingham. – L.–N.Y: Springer, 2010. – P.197–227.

2 Loewenstein, K. L. *The Manufacturing Technology of Continuous Glass Fibres* / K. L. Loewenstein – Elsevier Amst. – L.–N.Y., 1993. – 339 p.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗВЕСТКОВО-АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ НА ОСНОВЕ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ БЕЛАРУСИ

Минаковский А.Ф. к.т.н, доц., Дигаленя А.К., Фроликова Д.И.

Белорусский государственный технологический университет, Беларусь, Минск

Ежегодно в мире производится порядка 35 млн.т. аммиачной селитры, основной проблемой хранения и использования которой является ее взрывоопасность.

Для уменьшения взрывоопасности аммиачной селитры, на ее основе готовят жидкие удобрения КАС, комплексные NPK удобрения, известково-аммиачную селитру (ИАС либо CAN). Из-за пониженного содержания азота в ИАС (менее 27,5% масс.) обеспечивается ее взрывобезопасность при производстве, транспортировке, хранении и применении, а также экологическая безопасность и агрохимическая эффективность при внесении удобрения в почву, особенно закисленную. [1]

Удобрение ИАС менее склонно к слеживанию, чем обычная аммиачная селитра, и может храниться в больших штабелях без особых мер предосторожности. Технологическое преимущество и безопасность достигаются за счет снижения концентрации азота (по сравнению с аммиачной селитрой) введением в удобрение карбонатов кальция и магния, которые являются важными мезоэлементами для растений.

В качестве добавок, снижающих взрывоопасность аммиачной селитры, используются:

- карбонатсодержащие соединения природного и техногенного происхождения (мел, карбонат кальция, доломит);
- калийсодержащие вещества (хлористый калий, сульфат калия);
- вещества, содержащие одноименный катион – аммоний: сульфат аммония, орто- и полифосфаты аммония;
- прочие балластные вещества, не несущие полезной нагрузки, а определяющие только механическое разбавление аммиачной селитры (гипс, фосфогипс и пр.) [2].

Все шире в мировой сельскохозяйственной практике используются природные цеолиты – группа близких по составу и свойствам минералов, обладающих уникальными адсорбционными, ионообменными, каталитическими и пролонгирующими свойствами. Залежи одного чрезвычайно перспективного и полезного для отрасли минерала – трепела – имеются и в Беларуси, месторождение «Стальное» (Хотимский район, Могилевская область). Запасы сырья разведанной части месторождения составляют 30 млн. тонн. [3].

В настоящее время ИАС в Беларуси не выпускается, однако производитель аммонийной селитры ОАО «Гродно Азот» проявляет интерес к расширению ассортимента своей продукции и выпуску этого удобрения с использованием отечественного карбонатного сырья – доломита, мела либо трепела.

Целью данной работы – изучить физико-механические свойства образцов известково-аммиачной селитры на основе нитрата аммония и природных карбонатных и цеолитсодержащих минералов Республики Беларусь и обосновать составы для промышленного производства