

А. П. Кравчук, доц., канд. техн. наук;
Л. Ф. Папко, доц., канд. техн. наук;
А. Л. Наркевич, доц., канд. техн. наук;
А. О. Чайкина, студ.; И. Е. Пупышев, студ.
(БГТУ, г. Минск).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКЛОЛ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ВОЛОКНА

Разработка и внедрение в производство новых видов высокопрочного стекловолокна является перспективным направлением развития промышленности, поскольку его характеристики отвечают всем требованиям, которые предъявляются к современным материалам. Высокопрочные стекловолокна играют важную роль в производстве композиционных материалов, требующих сочетания высоких показателей прочности, модуля упругости и температуры применения. Композиционные материалы на основе такого стекловолокна применяются в аэрокосмической и военной сферах, автомобилестроении, производстве спортивного инвентаря, клинической стоматологии [1, 2].

Для производства высокопрочных волокон производителями предлагаются разнообразные составы стекол, преимущественно относящиеся к магнийалюмосиликатной системе. Однако проблема обеспечения сочетания приемлемого уровня технологических характеристик и высокой прочности не решена. Стекла для высокопрочного волокна требуют высоких температур синтеза и формования. Это затрудняет достижение их высокой термической и химической однородности, что в свою очередь отрицательно сказывается на механических свойствах получаемых волокон, приводит к их обрывности.

Проведены исследования стекол для высокопрочного волокна, составы которых включают, мас. %: SiO_2 50–65; Al_2O_3 20–35; MgO + CaO 10–20. С целью повышения механической прочности стекол в их составы вводились модификаторы TiO_2 и ZrO_2 в количестве до 6 мас. %, для улучшения технологических свойств стекол добавка Na_2O в количестве 2 мас. %.

При температуре синтеза стекол 1520–1550 °С в композициях с содержанием Al_2O_3 30–35 мас. % процессы стеклообразования не завершаются. Образцы представляют собой остеклованную массу либо стекло с кристаллическими включениями. По данным рентгенофазового анализа в исследуемых образцах присутствуют муллит

и кварц, следовательно, результатом реакций силикатообразования в шихте опытных стекол является образование муллита. Повышение однородности стекол достигается при добавках TiO_2 и/или ZrO_2 до 4 мас.% и Na_2O до 2 мас.%.

В результате определения устойчивости стеклообразного состояния экспериментальных стекол в интервале температур 600–1280°C выявлено, что повышение содержания CaO и ZrO_2 приводит к уменьшению температурного интервала кристаллизации. Снижение кристаллизационной способности опытных стекол обеспечит более благоприятные условия формования высокопрочных волокон, при которых исключается обрывность волокна вследствие кристаллизации расплава.

Определение прочности при изгибе опытных стекол выполнялось с помощью универсальной электромеханической испытательной машины Galdabini Quasar 100. Показатели прочности образцов опытных стекол изменяются от 64,5 до 95 МПа. Частичная замена SiO_2 на Al_2O_3 закономерно приводит к увеличению прочности. Высокие показатели прочности характерны для образцов с содержанием Al_2O_3 30 мас.%. Введение оксидов TiO_2 и ZrO_2 в состав стекол взамен SiO_2 и Al_2O_3 не снижает показатели механической прочности при изгибе. Такое влияние на механические свойства вполне характерно для многозарядных катионов Ti^{4+} и Zr^{4+} , обладающих высокой прочностью связи с кислородом. Зависимость предела прочности от соотношения MgO и CaO не прослеживается. Наличие газообразных включений, состояние поверхности, механическая обработка обуславливают изменение показателей прочности, в этом случае влияние состава стекла на его прочность может быть не столь очевидным.

По результатам исследования технологических и механических свойств стекол системы $MgO-CaO-Al_2O_3-SiO_2$ определены перспективные составы, которые представляют интерес для производства высокопрочного стекловолокна.

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 Fiber Technology for Fiber-Reinforced Composites / Edited by M. Ozgür Seydibeyoglu Amar K. Mohanty Manjusri Misra. – 2017. – P. 169–185.