

УДК 666.193

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БАЗАЛЬТОВЫЕ СТЕКЛА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ВОЛОКНА

Ю. Г. ПАВЛЮКЕВИЧ, Л. Ф. ПАПКО, А. А. УВАРОВ

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Беларусь

Непрерывные базальтовые волокна представляют собой материал, в котором сочетаются высокая механическая прочность, коррозионная стойкость к воздействию агрессивных сред, хорошая термостойкость. В связи с этим сфера применения базальтовых волокон постоянно расширяется. Наиболее перспективным направлением применения базальтовых волокон является использование их в качестве армирующего материала композитов с матрицами различных типов (полимерных или цементирующих). Композиты на основе базальтового непрерывного волокна характеризуются высокими показателями ударной прочности и стойкости к знакопеременным нагрузкам, коррозионной и термической стойкости [1, 2].

Показатели прочности на разрыв базальтовых волокон могут варьироваться в зависимости от состава базальтов и ряда технологических факторов в широких пределах – от 3000 до 4800 МПа. Наибольший интерес для потребителей представляют высокопрочные базальтовые волокна. Они могут являться альтернативой высокопрочному стекловолокну типа S, получение которого является энергозатратным и низкопроизводительным процессом [1, 3].

Однако химическая и структурная неоднородность базальтовых расплавов и стекол, обусловленная неоднородностью химического и минерального состава базальтов, снижает стабильность процесса формирования волокна и, как следствие, эффективность производства.

Решение технологических проблем производства базальтового волокна может быть достигнуто путем введения в состав базальтовых стекол модифицирующих добавок. Нами установлено, что введение колеманита в состав композиций с андезитобазальтом Подгорнянского месторождения (Украина) обеспечивает снижение температуры плавления базальта, вязкости расплава и кристаллизационной способности стекла, при этом показатели прочности и кислотостойкости волокна возрастают [4].

Для получения систематизированных данных по влиянию модификаторов на свойства базальтовых расплавов и стекол проведен синтез модельных стекол системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. Модельные стекла синтезированы с использованием химических реагентов, при этом базовый уровень содержания оксидов SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO соответствует составу андезитобазальта Подгорнянского месторождения.

Исследование модельных стекол обеспечивает получение систематизированных данных по влиянию модификаторов и стеклообразователей на свойства таких стекол без влияния примесей и тепловой истории их синтеза на основе горных пород.

Химический состав модельных стекол включает (масс. %): SiO_2 50...58; Al_2O_3 13...21; Fe_2O_3 12...20; B_2O_3 0...8; RO 12...20, где RO – CaO и MgO в соотношении 2:1.

При проведении позиционных термических обработок шихты модельных стекол в интервале температур 1200 °С...1500 °С установлено повышение скорости процессов стеклообразования при введении оксида бора. В меньшей степени на процессы стеклообразования влияет повышение содержания оксидов кремния и кальция. Повышение содержания оксида алюминия существенно снижает объем стеклофазы в продуктах термообработки при температурах 1200 °С...1350 °С. При повышенном содержании оксидов Al_2O_3 , Fe_2O_3 , RO однородность расплава достигается при температуре не менее 1350 °С.

При температуре синтеза 1500 °С получены образцы структурно однородных модельных стекол. При варьировании окислительно-восстановительных условий синтеза стекол установлено, что повышение восстановительного потенциала приводит к снижению скорости стеклообразования вследствие снижения теплопрозрачности с ростом соотношения $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ в составе расплава.

Исследование влияния состава модельных стекол на их прочностные показатели проводилось с помощью универсальной электромеханической испытательной машины Galdabini Quasar 100 (Италия). По диаграммам деформации модельных стекол системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ установлено, что показатели прочности при изгибе и, соответственно, растяжении составляют 106...180 МПа и возрастают с ростом содержания компонентов в следующем ряду: RO , Fe_2O_3 , B_2O_3 , SiO_2 , Al_2O_3 .

По результатам исследования модельных стекол определены составы композиций базальт – модификатор, в которые в качестве модифицирующих компонентов вводились дистен-силлиманитовый концентрат, глинозем, доломит, борная кислота, колеманит. Процесс плавления сырьевых композиций ускоряет введение стеклообразователей (B_2O_3 , SiO_2), при этом в наибольшей мере проявляется влияние оксида бора. По результатам исследования технологических и прочностных свойств базальтовых стекол установлено, что оптимальное сочетание показателей достигается при введении комплексных модификаторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fiber Technology for Fiber-Reinforced Composites / Edited by M. Ozgur Seydibeyoglu Amar K. Mohanty Manjusri Misra // Woodhead Publishing (Elsevier Ltd.). – 2017. – P. 169–185.
2. **Оснос, М. П.** Базальтовое непрерывное волокно – вчера, сегодня и завтра / М. П. Оснос, С. П. Оснос // Композитный мир. – 2015. – № 2. – С. 24–29.
3. **Wallenberger, F. T.** Fiberglass and Glass Technology / F. T. Wallenberger, P. A. Bingham // Springer Science&Business Media, 2009. – 451 p.
4. Технологические и физико-химические свойства модифицированных базальтовых стекол и волокон / Ю. Г. Павлюкевич [и др.] // Интеграция и развитие научно-технического и образовательного сотрудничества – взгляд в будущее: сб. ст. II Междунар. науч.-техн. конф. «Минские научные чтения – 2019», Минск, 11–12 дек. 2019 г.: в 3 т. – Минск: БГТУ, 2020. – Т. 2. – С. 176–178.