

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЕМАНИТА В ПРОИЗВОДСТВЕ
НЕПРЕРЫВНОГО СТЕКЛОВОЛОКНА**

В настоящее время основным видом непрерывного стекловолокна является электроизоляционное бесщелочное волокно типа «Е». Составы стекол для производства данного волокна включают, мас. %: SiO_2 52–56; Al_2O_3 12–16; B_2O_3 5–10; TiO_2 0–1,5; MgO 0–5; CaO 16–25; $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 0–2. Снижение поверхностного натяжения стеклорасплава с введением оксида бора улучшает его способность к волокнообразованию. Однако улетучивание соединений бора в процессе варки обуславливает нестабильность химического состава и ухудшает экологию производства.

Традиционно в производстве непрерывного стекловолокна в качестве борсодержащего сырьевого материала используется борная кислота, при этом улетучивание B_2O_3 может достигать 15 %. В настоящей работе при синтезе стекла состава, мас. %: SiO_2 53,6; Al_2O_3 14,2; B_2O_3 9,0; TiO_2 0–1,5; MgO 2,7; CaO 19,9; Na_2O 0,5, использовали следующие материалы: молотый колеманит (химическая формула $2\text{CaO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$), поставляемые фирмой ETIMADEN (Турция), борную кислоту и борат кальция (химическая формула $\text{CaO}\cdot \text{B}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$), поставляемые АО «Горно-химическая компания Бор» (Россия).

Для оценки улетучивания соединений бора в процессе синтеза стекол в газовой пламенной печи периодического действия использовали гравиметрический метод. Установлено, что улетучивание соединений бора при использовании колеманита в среднем на 32 % меньше, чем при использовании борной кислоты. Это связано с тем, что при использовании колеманита B_2O_3 в ходе процессов стекло- и силикатообразования преимущественно находится в связанном состоянии: колеманит \rightarrow борат кальция \rightarrow боросиликат кальция. По данным химического анализа стекол, синтезированных с использованием различных видов борсодержащих материалов в газовой печи при температуре 1500 °С, при заданном содержании B_2O_3 9 мас. % в стеклах его содержание составляет, мас. %: 8,4 (колеманит), 8,45 (борат кальция), 8,0 (борная кислота).

При анализе технологических свойств стекол типа «Е» с содержанием оксида бора 9 мас. %, синтезированных с использованием молотого колеманита и бората кальция, установлено, что преимуществом колеманита как борсодержащего сырья в производстве непрерыв-

ного электроизоляционного волокна является более интенсивное протекания процессов стеклообразования при варке стекла с использованием данного материала.

Перспективным направлением деятельности производителей волокнистых материалов является производство базальтового волокна, в частности для использования в качестве армирующего материала композитов. Вместе с тем производство базальтового непрерывного волокна требует решения ряда технологических проблем, обусловленных низкой теплопрозрачностью, повышенной вязкостью и кристаллизационной способностью расплавов горных пород.

С целью улучшения технологических свойств базальтовых расплавов и стекол проводилось модифицирование их составов при использовании в качестве модифицирующего компонента колеманита состава, мас. %: B_2O_3 39,90; CaO 26,92; SiO_2 5,28; MgO 2,79; SrO 1,32; Al_2O_3 0,15; Fe_2O_3 0,05; R_2O 0,11; SO_3 0,20. Для получения базальтовых волокон использовали андезитобазальт Подгорнянского месторождения (Украина) состава, мас. %: SiO_2 54,03; Al_2O_3 18,21; $FeO+Fe_2O_3$ 9,96; CaO 7,94; MgO 3,63; R_2O 4,54; K_2O 2,03; примеси 1,45. Сырьевые композиции базальт–колеманит включали 5–20 мас.ч. колеманита.

По результатам исследования вязкости установлено, что введение в состав базальтовых стекол B_2O_3 в сочетании с CaO приводит к существенному снижению высокотемпературной вязкости расплавов. Снижение вязкости расплавов и верхней температуры кристаллизации с ростом содержания оксида бора обуславливает снижение температуры выработки волокна, как следствие, уменьшение энергозатрат на процесс формования и увеличение срока службы фильерных питателей.

Для выработки непрерывного волокна создана однофильерная лабораторная установка, включающая плавильную ванну, блок управления и наматывающее устройство. По результатам вытягивания волокна из расплавов стекол на основе базальта и композиций базальт–колеманит установлено, что с ростом содержания оксида бора в составе базальтовых стекол процесс формования становится более стабильным, снижается обрывность волокна и повышается его качество. С увеличением содержания оксида бора прочность волокон возрастает, что связано, очевидно, с влиянием технологического фактора.

В результате проведенных исследований установлено конкурентное преимущество колеманита как борсодержащего сырьевого материала в производстве электроизоляционного волокна, а также перспективность его использования в производстве непрерывного базальтового волокна.