

**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. %:  $\text{SiO}_2$  52–56;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  12–16;  $\text{B}_2\text{O}_3$  5–10;  $\text{TiO}_2$  0–1,5;  $\text{MgO}$  0–5;  $\text{CaO}$  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  $\text{B}_2\text{O}_3$  может достигать 15 %. В настоящей работе при синтезе стекла состава, мас. %:  $\text{SiO}_2$  53,6;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  14,2;  $\text{B}_2\text{O}_3$  9,0;  $\text{TiO}_2$  0–1,5;  $\text{MgO}$  2,7;  $\text{CaO}$  19,9;  $\text{Na}_2\text{O}$  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  $\text{B}_2\text{O}_3$  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  $\text{B}_2\text{O}_3$  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.