

СТЕКЛА НА ОСНОВЕ МАГНИЙАЛЮМОСИЛИКАТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ВОЛОКНА

А. О. Чайкина, И. Е. Пупышев

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск

Научный руководитель А. П. Кравчук, канд. техн. наук, доцент

Область использования композиционных материалов на основе высокопрочного волокна постоянно расширяется. Они применяются в различных отраслях: машино- и авиастроении, медицине. Благодаря высоким механическим свойствам, химической устойчивости, биологической инертности армирующие конструкции, основой которых является высокопрочное стекловолокно, в виде штифтов и армирующих лент востребованы в клинической стоматологии. Несмотря на потребность в такой продукции ее производство в Республике Беларусь отсутствует, армирую-

щие конструкции импортируются из-за рубежа, что предопределяет их высокую стоимость.

В этой связи возникает необходимость в разработке составов стекол для получения волокна, сочетающего приемлемый уровень технологических параметров формования, высокую прочность и пригодного для применения в композиционных материалах и стекловолоконных армирующих системах для стоматологии.

С помощью сканирующего электронного микроскопа JEOLJSM–5610 LV, оснащенного системой химического анализа EDXJED–2201 JEOL (Япония), проведены исследования химического состава импортных штифтов и волоконно-плетеной ленты разных производителей для клинической стоматологии. Согласно результатам исследований, приведенным в таблице, химический состав образцов существенно различается.

Таблица 1

Результаты микронзондового химического анализа образцов штифтов и стекловолоконной ленты

Наименование образца		Содержание компонентов, мас. %						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	ZrO ₂	C
Образец штифта 1	волокно и связующее	50,54	17,87	–	10,11	–	–	21,48
	стекловолокно	55,12	28,18	1,38	15,32	–	–	–
Образец штифта 2 (стекловолокно)		63,38	–	11,62	–	13,49	11,51	–
Волоконно-плетенная лента	стекловолокно	52,98	14,79	32,23	–	–	–	–
	стекловолокно и полимерная композиция	15,71	4,30	11,17	–	–	TiO ₂ – 6,35	62,48

Для изготовления штифта 1 производитель использовал магнийалюмосиликатное стекловолокно по составу близкое к стеклу ВМП. Учитывая необходимость длительного сохранения эксплуатационных характеристик в условиях постоянного воздействия механических нагрузок, химического и биологического воздействия вполне целесообразно для изготовления волокна использовать составы близкие к ВМП, отличающиеся высокой механической прочностью и химической устойчивостью.

В штифте 2 в качестве наполнителя применяется щелочестойкое стекловолокно марки AR, которое по механическим свойствам значительно уступает волокну ВМП и характеризуется высокой стоимостью, обусловленной значительным содержанием ZrO₂, что не позволяет рекомендовать этот состав в производстве стекловолокна стоматологического назначения. Особенностью состава стекловолокна для волоконно-плетеных лент является значительное содержание в нем оксида CaO при отсутствии MgO. Использование такого типа составов стекол в производстве волокна для адгезивных конструкций представляет интерес. Однако следует учитывать, что высококальциевые алюмосиликатные стекла, несмотря на их большую технологичность, уступают по механической прочности магнийалюмосиликатным.

Анализ данных литературы [1], [2] и проведенные исследования химического состава волокна зарубежных производителей показывают, что разработку составов стекол целесообразно осуществлять в системе MgO–Al₂O₃–SiO₂. Для синтеза стекол

была выбрана область, ограниченная содержанием, мас. %: SiO_2 55–65; Al_2O_3 25–35; MgO 10–20. Поскольку стекла данной системы характеризуются высокой тугоплавкостью и температурой формования волокна для улучшения технологических свойств в их составы вводили оксид CaO в количестве до 10 мас. % взамен MgO , Al_2O_3 и SiO_2 .

Стекла синтезированы в газовой пламенной печи в фарфоровых тиглях при температуре 1520 ± 10 °С. Визуальная оценка образцов показала, что стекла, содержащие 30–35 % Al_2O_3 , отличаются наличием непровара и значительным количеством мошки. Стекла остальных составов проварились, они прозрачны и не имеют цветовых оттенков. Улучшение качества стекол достигается при повышении содержания CaO взамен остальных компонентов в составах стекол, что вполне закономерно, поскольку CaO является эффективным плавнем и снижает высокотемпературную вязкость расплавов в отличие от оксидов MgO , Al_2O_3 , SiO_2 .

Методом градиентной кристаллизации изучена устойчивость стеклообразного состояния синтезированных стекол в интервале температур 600–1100 °С при выдержке 1 ч. Выявлено, что в целом стекла устойчивы к кристаллизации. Введение MgO и CaO взамен SiO_2 обеспечивает повышение устойчивости стеклообразного состояния стекол.

Проведены исследования механической прочности и микротвердости стекол. Измерение прочности выполнялось методом трехточечного изгиба с помощью универсальной электромеханической испытательной машины Galdabini Quasar 100 (Италия). Выявлено, что значения прочности стекол варьировались в интервале 57–69 МПа, что ниже, чем значения, характерные для известных высокопрочных стекол. Снижение прочности, по-видимому, обусловлено высокой дефектностью их краевых зон, которая возникает при резке образцов. Зависимость предела прочности от соотношения MgO и CaO в исследуемом диапазоне изменения концентраций этих компонентов не прослеживается. Микротвердость стекол варьировалась в пределах от 5995 до 6182 МПа, что свидетельствует о высокой степени связанности структурной сетки стекла и позволяет прогнозировать их высокую механическую прочность.

Полученные данные в ходе исследований позволили выполнить комплексную оценку пригодности стекол для получения высокопрочных волокон – основы стекловолоконных армирующих конструкций в клинической стоматологии. Установлено, что стекла с содержанием Al_2O_3 более 30 мас. % требуют более высоких температур варки и формования, чем стекло ВМП. Введение CaO до 5 мас. % в составы магнийалюмосиликатных стекол обеспечивает улучшение их технологических свойств стекол при сохранении механической прочности.

Л и т е р а т у р а

1. Frederick, T. Wallenberger. Fiberglass and glass technology: energy-friendly compositions and applications / Frederick T. Wallenberger, Paul A. Bingham. – New York : Springer Science business media, 2010. – 453 p.
2. Гутников, С. И. Типы и составы стекол для производства непрерывного стеклянного волокна / С. И. Гутников, Б. И. Лазорьяк, А. Н. Селезнев. – М. : Химия, 2010. – 52 с.