

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Дяденко М.В., Левицкий И.А.

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск,
Республика Беларусь

Интенсивное развитие промышленности определяет более жесткие требования не только к разрабатываемым материалам, но и к уже существующим. Так, в производстве изделий волоконной оптики актуальным является согласование стекол световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек по комплексу не только вязкостных характеристик, но и теплофизических. Теплофизические свойства в большинстве случаев являются первостепенными при оценке стекол на предмет их практической пригодности: они определяют условия синтеза и формования стекол, их тепловую инерцию и способность выдерживать резкие перепады температур. Получение согласованных стеклянных структур «световедущая жила–светоотражающая оболочка–защитная оболочка» требует тщательного изучения комплекса их теплофизических свойств, важнейшими из которых являются термическое расширение и теплоемкость.

Целью данной работы является изучение зависимости теплофизических свойств (температурный коэффициент линейного расширения, теплоемкость) стекол для защитной оболочки жесткого оптического волокна от их химического состава.

Для решения поставленной цели синтезирована серия опытных стекол при следующем содержании оксидов, мол. %: SiO_2 65–70; B_2O_3 13–18; Na_2O 8–13; Al_2O_3 1–6 и ($\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{BaO}$) 8,0. Кроме того, в состав опытных стекол сверх 100 % дополнительно вводились оксиды Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , CoO в суммарном количестве 1,5 %.

Синтез опытных стекол осуществлялся в фарфоровых тиглях в электрической печи периодического действия при температуре 1460 ± 20 °С.

Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) является одним из важнейших эксплуатационных свойств стекол, используемых для производства жесткого оптического волокна. Согласование стекол световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек по заданному показателю обеспечивает требуемую термомеханическую прочность жесткого оптического волокна.

Величина ТКЛР зависит в основном от химического состава стекла, координационного числа катионов-стеклообразователей и соотношения структурных группировок [1].

Определение ТКЛР осуществлялось дилатометрическим методом, по результатам которого установлено, что величина данного показателя в интервале температур 20–300 °С изменяется от $78,1 \cdot 10^{-7}$ до $97,3 \cdot 10^{-7}$ K^{-1} .

Определяющее влияние на ТКЛР опытных стекол оказывает Na_2O . Введение оксидов щелочных металлов вызывает заполнение пустот в структуре стекла препятствующих изгибу связей $\text{Si}-\text{O}$ и усиливающих их асимметрию. Кроме того, известно, что чем более деполимеризован структурный каркас стекла, тем выше значение ТКЛР [1].

Требуемые показатели ТКЛР достигаются в стеклах с постоянным содержанием Na_2O , составляющим 8,0 мол. %, и SiO_2 – 65 мол. %.

Величину теплоемкости используют при подборе температурного режима варки и формирования стекол, а также при расчете режимов их отжига. Теплоемкость стекол зависит от их химического состава и температуры. Кроме того, в основу понимания величины теплоемкости положена химическая структура вещества, то есть для теплоемкости является существенным распределение ковалентных и координационно-валентных связей у катионов с малой атомной массой. Подавляющая часть удельной теплоемкости стекол при обычных условиях приходится на составляющие теплоемкости, обусловленные низкочастотными колебаниями.

По результатам исследований установлено, что наиболее высокие показатели теплоемкости достигаются в стеклах с максимальным количеством оксидов щелочных металлов. Требуемая термомеханическая прочность жесткого оптического волокна обеспечивается при минимально возможной для данной системы величине теплоемкости, которая достигается при суммарном количестве $(\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3)$, составляющем 78–83 мол. %, постоянном содержании Al_2O_3 3,5 мол. % и молярном соотношении $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{B}_2\text{O}_3$, составляющем 0,22–0,27. Такое содержание оксидов алюминия и бора, вероятно, приводит к тому, что в структуре стекла формируются преимущественно тетраэдрические группировки, а роль катионов щелочных и щелочно-земельных металлов сводится к компенсации избыточного отрицательного заряда у групп $[\text{BO}_4]^{5-}$ и $[\text{AlO}_4]^{5-}$, а не к образованию структурных разрывов.

Таким образом, разработка состава стекла для защитной оболочки жесткого оптического волокна предусматривает не только изучение его реологических характеристик, определяющих температурные параметры получения одно- и многожильного оптического волокна, но и теплофизических свойств, от которых зависит термомеханическая прочность волокна.

Литература

1. Структура, свойства и технология стекла / Дж. Шелби. – М.: Мир, 2006. – 288 с.