

2 Закарян, И.Н. Огнеупорная промышленность Украины / И.Н. Закарян. // Новые огнеупоры. – 2008. – № 5. – С. 76-78.

3 Стукалов, В.С. Экспансия китайских огнеупоров на украинский рынок / В.С. Стукалов. // Новые огнеупоры. – 2008. – № 12. – С. 57-58.

4 Периклазоуглеродистые огнеупоры на комбинированном связующем / Л.М. Аксельрод, Ю.С. Родгольд, Т.И. Золотарева [и др.] // Новые огнеупоры. – 2002. – № 5. – С. 14-18.

5 Пат. 79197 України, МПК⁷ C04B 35/035, C04B 35/622, C04B 35/04, C04B 35/63. Спосіб виготовлення магнєзійно вуглецевого вогнетриву / Семченко Г.Д., Слєпченко О.М., Соловей Т.В.; заявник та патентовласник Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – № а 200509095; заявл. 26.09.2005; опубл. 25.05.2007, Бюл. № 7.

УДК 666.223.9

М.В. Дяденко, мл. науч. сотр.; И.А. Левицкий, проф., д-р техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛОВОЛОКНА

Волоконная оптика относится к высокотехнологичным и перспективным материалам современности. Оптическое стекловолокно представляет собой композицию, состоящую из световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек. Световедущая жила служит для передачи световой энергии, сконцентрированной на входном торце, на его выходной торец в результате полного внутреннего отражения светового луча. К стеклам для световедущей жилы предъявляется ряд требований: высокая устойчивость к кристаллизации в температурном интервале 800–1100 °С, наличие высокого показателя преломления $n_D > 1,8$ и короткого интервала выработки.

Светоотражающая оболочка оптического волокна выполняет две основные функции: уменьшает потери световой энергии, распространяющейся вдоль волокна при отражениях от поверхности раздела жила–оболочка, служит оптической изоляцией, предупреждающей возможность проникновения света из одного волокна в другое в пучке оптических волокон. Стекло для светоотражающей оболочки должно обладать низким показателем преломления ($n_D = 1,45–1,48$), необходимым для достижения значения апертуры $A > 1$ и широким выработочным интервалом, что является обязательным условием качественного вытягивания оптического стекловолокна.

Защитная (окрашенная) оболочка служит для предупреждения нежелательного попадания светового луча из светоотражающей обо-

лочки в соседний световод или в окружающую среду. В состав стекла для защитной оболочки вводятся красители, которые обеспечивают получение требуемой оптической плотности и контрастности.

Производство оптического стекловолокна в Республике Беларусь осуществляется на РУП «Завод «Оптик», г. Лида. Для световедущей жилы предприятие производит стекло марки ТБФ-10, а для светоотражающей и защитной оболочек используются стекла марок ВО-50 и ВТО-73 соответственно, приобретаемые за рубежом (Россия). Импорт указанных стекол является неоправданным, так как на заводе имеются необходимые производственные площади и технологическое оборудование, что позволяет их синтезировать в условиях предприятия. Кроме того, производство оптических стекол для светоотражающей и защитной оболочек позволит снизить расходы на их приобретение и дополнительно создать рабочие места на предприятии.

Как известно, все три стекла для оптического стекловолокна должны быть совместимы по комплексу свойств: отсутствию признаков фазового разделения, температурному коэффициенту линейного расширения (ТКЛР), температурному ходу кривой вязкости, показателю преломления. Следует отметить, что стекла марок ВО-50 и ВТО-73 не отвечают современным требованиям в области производства твистеров (поворотников): существенное различие показателей ТКЛР стекол ТБФ-10 и ВО-50, составляющих $77 \cdot 10^{-7}$ и $55 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ соответственно, отсутствие требуемой согласованности стекол в температурном интервале вязкости, диффузия красящих примесей из защитной оболочки в световедущую жилу. Как известно [1], для обеспечения термомеханической прочности волокна необходимо, чтобы показатели ТКЛР все трех стекол отличались на величину не более чем $(5-10) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$.

Технология получения твистеров предполагает необходимость увеличения толщины светоотражающей оболочки, так как в результате ряда технологических операций она утоняется и вытягивается. Повышение размеров оболочки при значительном расхождении показателей ТКЛР стекол марок ТБФ-10 и ВО-50 приводит к появлению мелких трещин у границ световедущая жила-оболочка, что обуславливает появление ряда темных пятен по площади пластины.

Основной и ответственной технологической операцией при получении твистеров является поворот одной поверхности заготовки относительно противоположной на 180° , которая осуществляется в интервале температур $650-660^\circ \text{C}$. В этой области стекла оболочек уже имеют пластическое состояние ($\lg \eta \approx 9$), а стекло для световедущей жилы — хрупкое ($\lg \eta \approx 12$). Поэтому при повороте поверхности волоконно-оптической пластины на 180° световоды в центре пластины претерпевают деформацию, что в свою очередь сказывается на их

смещении относительно своего исходного положения и общем снижении пропускания световой энергии изделием.

Уменьшение температуры проведения технологических операций при получении волоконно-оптических изделий приводит к снижению диффузии красящих примесей в световедущую жилу и повышению коэффициента светопропускания [1]. Таким образом, работа направлена на решение следующих вопросов: уменьшение показателя ТКЛР стекла для светоотражающей оболочки; смещение кривой вязкости стекла для световедущей жилы в низкотемпературную область; увеличение низкотемпературной вязкости стекла для светоотражающей оболочки.

В ранее выполненных исследованиях [2] представлены результаты разработки состава стекла для световедущей жилы оптического стекловолокна, который характеризуется устойчивостью к кристаллизации в области температур формирования, узким выработочным интервалом, повышенным значением показателя преломления ($n_D=1,80$) и требуемым уровнем температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) ($\alpha=78 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$). Однако разработка состава стекла для световедущей жилы привело к изменению его температурного хода кривой вязкости. С учетом ряда вышеизложенных проблем при разработке составов стекол для оболочек является необходимым корректировка промышленных составов стекол марок ВО-50 и ВТО-73 не только по реологическим и оптическим свойствам, но также и по термическим.

С этой целью синтезирована серия опытных стекол на основе системы $\text{K}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, ограниченной содержанием SiO_2 65–80 %¹, B_2O_3 15–30 % и K_2O 5–20 %. Полученные стекла характеризуются высокими температурами варки (1550–1600 °С) и низкой температурой стеклования ($t_g=540\text{--}560$ °С). На рисунке представлена зависимость вязкости опытных стекол в интервале $10^{10}\text{--}10^4$ Па·с от их химического состава.

Как видно из рисунка, содержание оксида кремния в стеклах в количестве 65–80 % (составы 1а, 4а, 7а) увеличивает интервал их формирования и смещает кривую вязкости в высокотемпературную область, в то время как использование K_2O в количестве 5–15 % оказывает противоположный эффект. На основании проведенных исследований физико-химических свойств определен оптимальный состав стекла, который впоследствии модифицирован оксидами Al_2O_3 , BaO , CaO и Na_2O с целью придания ему значения ТКЛР $\alpha=(67\text{--}72) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, требуемого выработочного интервала и сохранения значения показателя преломления на уровне 1,47–1,49.

На основании системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, ограниченной содержанием SiO_2 60–80 %, B_2O_3 5–25 % и Na_2O 10–30 % синтезирована серия

¹ здесь и далее по тексту, если не оговорено особо, указано молярное содержание, %

опытных стекол для защитной оболочки. В качестве красителей использовались оксиды CoO , Cr_2O_3 и Mn_2O_3 , концентрации которых составляли 0,4–0,45 мас. %, введенных сверх 100 %.

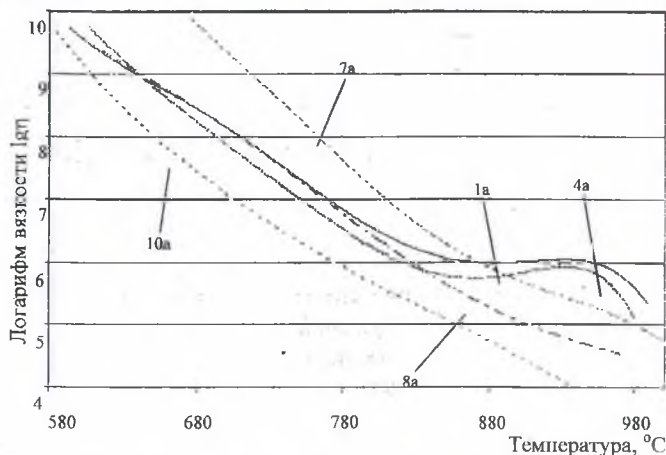


Рисунок — Влияние химического состава на вязкость опытных стекол в интервале 10^{10} – 10^4 Па·с

В результате проведенных исследований получен состав стекла для защитной (окрашенной) оболочки оптического стекловолокна с требуемым уровнем физико-химических характеристик, на основе которого осуществлено определение влияния концентрации и вида красителей на степень их диффузии. Полученные результаты показали, что наиболее легко диффундируемым является оксид кобальта. Однако полностью отказаться от этого красителя не представляется возможным в связи с тем, что это приведет к нарушению контрастности готового изделия, поэтому его количество снижено до 0,2–0,25 мас. %.

Таким образом, разработка составов стекол для светоотражающей и защитной оболочек обеспечивает не только импортозамещение, но и позволяет решить ряд необходимых технологических проблем и задач.

ЛИТЕРАТУРА

1 Вейнберг, В.Б. Оптика световодов / В.Б. Вейнберг, Д.К. Сатаров. — Л.: Машиностроение, 1977. — 320 с.

2 Дяденко, М.В. Влияние оксидов-модификаторов на кристаллизационную способность и свойства оптических стекол / М.В. Дяденко, И.А. Левицкий. // Прикладная оптика—2008: материалы VIII Международной конференции [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные (97 Мб). — СПб.: НИИТИ оптического материаловедения, 2008.— 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — С. 45–48.

3 Аппен, А.А. Химия стекла / А.А. Аппен.—Л.: Химия, 1974.