

этом градиент вязкости несколько уменьшается. Совместное введение  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  в состав опытных стекол для оболочек оптического волокна является предпочтительным с точки зрения влияния на вязкостные характеристики.

Стекла для оптического волокна должны обеспечивать высокую устойчивость стеклообразного состояния в интервале температур 600–1100 °С. В этом отношении калийсодержащие стекла характеризуются более высокой устойчивостью к кристаллизации: стекла с соотношением модификаторов и стеклообразователей, равным 0,11–0,17, не проявляют признаков кристаллизации при их термообработке в течение 24 ч.

Термомеханическая прочность оптического волокна определяется ТКЛР стекол световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек оптического волокна. В настоящее время в производстве используются стекла с соотношением ТКЛР световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек, равном 1:0,6:1. Установлено, что повышение термомеханической прочности оптического волокна достигнуто при данном соотношении ТКЛР, равном 1:(0,8–0,85):1. Оно обеспечивается при ТКЛР стекла для светоотражающей оболочки, составляющем  $(60–65) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ , а для стекла защитной оболочки –  $(76–77) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ .

При показателе преломления разработанного стекла для световедущей жилы, составляющего  $1,8050 \pm 0,0005$ , числовая апертура  $A > 1$  достигается при показателе преломления стекла для светоотражающей оболочки не более 1,4900. Поскольку показатель преломления определяется содержанием оксидов-модификаторов, данное требование обеспечивается при количестве  $\text{R}_2\text{O}$  ( $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ ) не более 15 %.

Защитная оболочка должна исключать проникновение световой энергии из одного волокна в соседнее при передаче ее по оптическому волокну, поэтому для обеспечения высокой оптической плотности в состав стекла вводятся красители  $\text{CoO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  в количестве 0,4–0,45 мас. %.

С другой стороны, наличие красителей в составе стекла защитной оболочки приводит к

УДК 666.321:666.635

## КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КАОЛИНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Дятлова Е.М., Попов Р.Ю., Климош Ю.А., Сергиевич О.А.

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Республика Беларусь

Известно, что современное производство (авиа-, авто- и станкостроение) неразрывно связано с применением высоких температур. Такими технологическими операциями являются литье металла, получение проката, закалка и др. Применение термической обработки в приборо-

возникновению диффузии красящих ионов в светоотражающую оболочку, что снижает контрастность рабочей поверхности волоконно-оптического элемента. Снижение степени диффузии красящих ионов достигается за счет повышения плотности упаковки структурных элементов стекла при совместном введении оксидов калия и натрия, а также добавок  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  в количестве 1–3 %. Модифицированные составы стекол имеют температурный интервал изменения вязкости от  $10^9$  до  $10^4$  Па·с для стекла светоотражающей оболочки не менее 360 °С, при этом вязкость стекол для оболочек выше вязкости стекла для световедущей жилы при температурах свыше  $780 \pm 10$  °С. Это обеспечивает стабильность процесса вытягивания одно- и многожильного оптических волокон.

Разработаны составы стекол для жесткого оптического волокна, устойчивые к фазовому разделению при их 24-часовой термообработке в интервале температур 600–1100 °С и характеризуются требуемым комплексом показателей. При этом вязкостные характеристики стекла для защитной оболочки согласованы с характеристиками стекол для световедущей жилы и светоотражающей оболочки.

На основе разработанных составов стекол для световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек оптического волокна в промышленных условиях осуществлен выпуск опытной партии волоконно-оптических пластин.

1. Левицкий, И.А. Получение оптических стекол на основе системы  $\text{BaO-La}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$  / И.А. Левицкий, М.В. Дяденко, Л.Ф. Папко // Стекло и керамика. – 2011. – № 10. – С 3–6.
2. Дяденко, М.В. Стекло для световедущей жилы многожильных световодов / М.В. Дяденко, И.А. Левицкий, Л.Ф. Папко // Оптика – 2011: сб. тез. докл. VII Междунар. конф. молодых ученых и специалистов, Санкт-Петербург, 17–21 октября 2011 г. – СПб.: НИУИТМО, 2011. – С. 42–44.

строении подразумевает использование высокотемпературных тепловых агрегатов (печей, индукторов и подобных им установкам). Следует отметить, что высокотемпературные агрегаты, существующие в промышленности и быту, скон-

струированы с использованием огнеупорных и термостойких керамических материалов.

Производство керамической футеровки, а также термостойких элементов конструкций печей основано на применении высоко-качественного огнеупорного глинистого сырья, в качестве которого выступают каолины и каолинит-гидрослюдистые глины, привозимые из-за рубежа (Украины и России). Отсутствие огнеупорного и термостойкого керамического материала может нанести серьезный ущерб существующим в настоящее время отечественным машиностроительным и станкостроительным гигантам.

До недавнего времени считалось, что Республика Беларусь не располагает огнеупорным глинистым сырьем. Однако детальные исследования Гомельской и Брестской областей позволили выявить значительные до 25 млн. т залежи этого ценного природного сырьевого компонента. Конечно, по своему минеральному и химическому составу (таблица) белорусские каолины отличаются от своих зарубежных аналогов: большее количество кварцевой составляющей, избыточное содержание железистых примесей, однако основного компонента – каолинита достаточно для получения некоторых видов керамических изделий.

Таблица 1– Характеристика природных и обогащенных (мокрым способом) каолинов РБ

Показатель	Каолин «Ситница»		Каолин «Дедовка»	
	природный	обогащенный	природный	обогащенный
Содержание определяющего компонента, %*:				
SiO <sub>2</sub>	61,7	46,1	70,3	50,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub>	25,78	35,54	19,26	34,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,56	2,53	0,46	1,05
Содержание тонкодисперсных фракций, %:				
<0,01 мм	27,6	81,4	55,1	17,0
<0,001 мм	11,7	48,9	26,0	7,5
Огнеупорность, °С	1620	1710	1750	1780

\*– Здесь и далее по тексту приведено массовое содержание компонентов, мас. %

Анализ потребления огнеупорных изделий свидетельствует о том, что ежегодно в республику импортируется около 16,5 тыс. т. шамотных огнеупорных материалов на общую сумму 6,4 млн. \$ в год, причем от 30 до 50 % из них могут быть изготовлены на основе местного каолинового сырья. С целью расширения области применения каолинового сырья в керамической отрасли возможно его обогащение. Для улучшения качества каолинов существует множество различных способов повышения кондиционности глинистого сырья, наиболее подходящим из которых, по нашему мнению, является мокрый, основанный на фильтрации каолиновой суспензии через сита с заданным размером ячеек.

На кафедре технологии стекла и керамики Белорусского государственного технологического университета проведены работы по изучению химического, минерального и гранулометрического состава, свойств каолинов двух крупнейших месторождений Республики Беларусь – «Ситница» и «Дедовка», исследованы способы обогащения данного сырья, разработаны композиции и технологические параметры изготовления огнеупорных и термостойких керамических материалов с его использованием. В таблице приведена сравнительная характеристика природных и обогащенных каолинов указанных

месторождений. Отмечается, что проведение обогащения мокрым способом позволяет улучшить качественные показатели каолинового сырья, так, например, повышается содержание основных огнеупорных компонентов Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiO<sub>2</sub>, а также огнеупорные свойства каолинов.

С использованием обогащенного сырья, разработаны составы термостойкой муллито-кордиеритовой керамики, свойства которой после обжига при температуре 1300 °С, характеризуются следующими показателями: водопоглощение – 15,6 %; открытая пористость – 31,5 %; кажущаяся плотность – 2020 кг/м<sup>3</sup>, ТКЛР (при 300 °С) – 3,05·10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>; механическая прочность при изгибе – 20 МПа; удельное объемное электросопротивление (при 100 °С) – 2,9·10<sup>12</sup> Ом·см; усадка – 4,8 %. Фазовый состав материала представлен преимущественно кордиеритом, в качестве побочных фаз присутствовал кварц, муллит, корунд, энстатит и шпинель. Разработанные композиции применялись для изготовления партии термостойких электроизоляторов (рисунок 1), которые в настоящее время эксплуатируются в промышленных условиях в качестве конструктивных элементов тепловых агрегатов (индукторов).



Рисунок 1– Термостойкие мулито-кордиеритовые изделия с использованием обогащенных каолинов РБ

Получены образцы огнеупорных материалов алюмосиликатного типа с применением в качестве основного сырья природных и обогащенных каолинов Республики Беларусь, алюмосиликатного шамота, а также небольшого количества (до 20 %) огнеупорных глин.



Рисунок 1– Алюмосиликатные огнеупоры на основе каолинов РБ

Установлены закономерности изменения физико-технических характеристик керамических огнеупорных материалов и их фазового состава от температуры обжига и содержания каолинов «Ситница» и «Дедовка».

Выявлено, что применение небогащенного каолинового сырья позволяет получить шамотные (полукислые) алюмосиликатные огнеупорные материалы группы LF 10, в случае использования обогащенных каолинов – шамотных уплотненных алюмосиликатных огнеупорных материалов группы FC 35 согласно ГОСТ 28874 – 2004. Огнеупорность таких изделий составляет выше 1580 °С, открытая пористость – 14,40 – 20,6 %, предел прочности при сжатии – 23 – 67

УДК 621.792

## МЕДИЦИНСКОЕ ОРТОПЕДИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ТРАКЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЗВОНОЧНИК ЧЕЛОВЕКА

Есьман Г.А., Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Современные технологии лечения и реабилитации при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника предусматривают в ряде случаев проведение специальной разгрузки и вытяжения (тракции) позвоночного столба, направленной на восстановление или увеличение его мобильности, коррекции возникающих функциональных нарушений [1-5].

МПа, температура начала размягчения – выше 1360 °С.

Фазовый состав опытных образцов шамотных огнеупоров представлен муллитом, кварцем, присутствует также кристобалит.

В то же время, фазовый состав огнеупорного материала, синтезированного с использованием обогащенного мокрым способом каолина несколько отличается, он представлен преимущественно муллитом, присутствует кварц, значительно снижена доля кристобалита по сравнению с образцами керамики на основе природного каолина. Микроструктура образцов поликристаллическая, мелкозернистая, текстура однородная. Кварц представлен в виде небольших зерен, распределенных равномерно по объему образца. Помимо зерен кварца в структуре материала присутствуют примеси железа в виде гематита, содержание которых значительно ниже, чем в случае использования природного сырья.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны составы оптимальных смесей, включающие природные и обогащенные каолины Республики Беларусь, а также технологические параметры, обеспечивающие получение керамических материалов технического назначения (электроизоляционные материалы и огнеупоры) с заданными физико-техническими характеристиками. Использование отечественного каолинового сырья целесообразно и обусловлено удовлетворительными эксплуатационными характеристиками керамики на основе разработанных составов, экономическими соображениями, расширением сырьевой базы керамической отрасли, снижением импорта каолинового и огнеупорного глинистого сырья. Кроме того, предлагаемые разработки могут способствовать организации производства термостойкой и огнеупорной керамики в нашей стране, что будет содействовать развитию всех отраслей промышленности, являющихся потребителями этих материалов.

Лечение искривления позвоночника осуществляется с помощью различных тракционных устройств. Так для проведения коррекции методом горизонтального вытяжения предлагаются тракционные устройства с разными фиксационными возможностями: гибкой, полужесткой, жесткой. Гибкая - это ременная фиксация. Полужесткая - это безременная фиксация с помощью контейнеров с сыпучим материалом,