

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛЯННОЙ ТРУБКИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГЕРКОНОВ

И.Д. Литвинова

390027, ул. Новая 51В, г. Рязань, Россия, ОАО «РЗМКП»

В работе представлены результаты опробования и особенности использования в производстве герконов в условиях ОАО «РЗМКП» стеклотрубок из теплопоглощающего стекла зарубежных и отечественных производителей.

In the paper, results of testing and use features of glass tubes based on a heat-absorbing glass of foreign and home manufacturers in the reed switch production in conditions of RMCIP JSC are reviewed.

В настоящее время основное количество отечественных магнитоуправляемых контактов изготавливается с использованием капилляров из стекла марки С93-3. Небольшое количество герконов (вакуумные) выпускается с использованием стекла марки С93-1. С93-1 – это прозрачное, легкоплавкое, многосвинцовое стекло (в своем составе содержит порядка 30% окиси свинца), предназначенное только для резистивной заварки герконов, и ранее все выпускаемые в нашей стране герконы, в т.ч. и на нашем предприятии, изготавливались с использованием стекла этой марки. Однако его электрические параметры, в частности объемное и поверхностное сопротивление, не полностью удовлетворяли требованиям производства герконов и были существенно ниже, чем у приборов с аналогичными параметрами за рубежом (10^9 Ом и 10^{15} Ом, соответственно). Устойчивость к влаге и электролизу у стекла С93-1 также недостаточна. При использовании резистивного метода заварки герконов со стеклом С93-1 возникали определенные трудности с автоматизацией указанного процесса, что не позволяло полностью удовлетворять все более возрастающую потребность в герконах.

В 1970 году Научно-исследовательским институтом стекла (НИИС, г. Москва), был разработан химический состав теплопоглощающего стекла марки С93-3, и организован его промышленный выпуск. Стекло С93-3 по своей технологичности не уступает стеклу С93-1, но превосходит его по таким параметрам, как объемное и поверхностное сопротивление, термостойкость, устойчивость к влаге и электролизу.

Технологические характеристики стекла С93-3 позволили организовать его варку в ванной печи непрерывного действия, а также осуществить механизированную выработку капилляров.

По своему составу стекло С93-3 относится к алюмосиликатным легкоплавким стеклам. Благодаря наличию в составе закиси железа (FeO) стекло С93-3 обладает высокой степенью поглощения инфракрасного излучения, что сделало возможным использование автоматического заварочного оборудования в производстве герконов. Автоматизация любого процесса требует очень точного изготовления всех используемых компонентов. Для выполнения операции «Заварка герконов» такими компонентами являются контакт-детали и стеклянная трубка. Технологические свойства стекла С93-3 позволили ужесточить предельные отклонения по геометрическим размерам капилляров (внешний диаметр, толщина стенки, изогнутость, овальность и т.п.).

Следует напомнить, что в отличие от зарубежных производителей герконов, получающих от других фирм готовые стеклотрубки в виде заготовок, которые нарезаны в размер, очищены и герметично упакованы, на наше предприятие стекло для герконов поступает в виде капилляров длиной около 1000 мм. Дальнейшие операции по изготовлению стеклотрубок, а именно резку, оплавление, промывку мы осуществляем самостоятельно. Поэтому для нашего предприятия была крайне важна возможность внедрения высокопроизводительного автоматического оборудования не только на заварке герконов, но и на других операциях, в т.ч. и при изготовлении стеклотрубок. Решение вопросов

автоматизации процесса изготовления герконов привело к резкому увеличению объемов производства магнитоуправляемых контактов в целом.

Стекло С93-3 специально разрабатывалось и первоначально использовалось для изготовления герконов с применением проволоки отечественного производства марки 52Н-ВИ и гезаконов с проволокой марки 40КНБ. Однако опыт работы нашего предприятия показал, что стекло С93-3 образует прочные и согласованные спаи и может использоваться для производства герконов совместно с проволокой зарубежных производителей таких марок, как Pernifer 51, Pernifer 50, Dilaton 51 (Германия), сплав 52N фирмы «Framatom» (Франция), GLASS SEAL 52 (США), Safeni 52 (Швеция) и некоторых других.

До 1995 года единственным поставщиком капилляров из стекла С93-3 было производственное объединение «Рефлектор», г. Саратов. Варка стекла осуществлялась в печи ванного типа непрерывного действия с последующей горизонтальной вытяжкой капилляров. Надо отдать должное нашему поставщику; все вопросы по улучшению качества капилляров, которые диктовались условиями развития рынка, а также дальнейшей автоматизацией производства герконов, решались по мере поступления. Качество стекла оставалось стабильным и отвечало на тот момент требованиям производства герконов.

В конце 90-х годов прошлого века перед предприятием встала сложнейшая задача по поиску нового поставщика капилляров С93-3, которая была успешно решена. Однако если раньше варка стекла осуществлялась параллельно с вытяжкой капилляров, то в настоящее время изготовление капилляров проводится в два этапа: 1 этап – варка стекла и изготовление заготовки в виде блоков; 2 этап – вытяжка из блоков капилляров вертикальным способом.

Насколько известно, изготовление капилляров из теплопоглощающего стекла за рубежом производится по аналогичной схеме.

С 2000 года варкой и изготовлением блоков из стекла С93-3 для нашего предприятия занималось ОАО «Лыткаринский завод оптического стекла» («ЛЗОС») г. Лыткарино, производством капилляров с применением вертикального способа вытяжки – ООО «ВОСТЕК», г. Санкт-Петербург.

Первоначально наше предприятие выступало и в качестве заказчика блоков из стекла С93-3, и в качестве заказчика капилляров, т.е. исполняло роль связующего звена между поставщиками. Это порой не позволяло поставщикам стекла оперативно решать вопросы улучшения качества капилляров и реагировать на выявленные отклонения.

Если к геометрическим параметрам капилляров новых поставщиков претензий практически не было, то первоначально по внешнему виду до 30% стекла забраковывалось на нашем предприятии на этапе входного контроля. Дефекты в виде включений и сплошных полос, вызывающих пузырение стекла при заварке, не позволяли использовать капилляры в производстве магнитоуправляемых контактов. На появление этих дефектов влиял не столько процесс вытяжки капилляров, сколько неудовлетворительное качество исходной заготовки – наличие в ней пороков стекла в виде пузырей, непроваров, свилей.

Еще одна проблема при переходе на нового поставщика капилляров – отличие физико-химических свойств капилляров С93-3 разных партий, вызванное тем, что варка стекла в ОАО «ЛЗОС» ведется с использованием печей горшкового типа. Фактически каждая новая варка стекла обладает отличным от любой другой варки набором физико-химических характеристик (хотя и соответствующих техническим требованиям). Это потребовало от наших поставщиков и от нас введения дополнительных мер по недопущению перемешивания капилляров различных варок как на этапе их вытяжки, так и на этапе изготовления магнитоуправляемых контактов.

С 2004 года параллельно с ООО «Востек» начало производство и поставку капилляров из стекла С93-3 предприятие ООО «ТОСС», г. Саратов. На сегодняшний день это единственный поставщик капилляров для нашего предприятия. Используя так же, как и ООО «Востек», вертикальный метод вытяжки капилляров и исходную заготовку производства ОАО «ЛЗОС», ООО «ТОСС» сумело существенно улучшить качество стекла по внешнему виду – наличию включений, сплошных полос, царапин и потертостей. Во многом этому способствовало то, что ООО «ТОСС», напрямую работая с поставщиком стеклозаготовок,

более оперативно проводит оценку их качества и определяет возможность использования для вытяжки капилляров.

В перспективе ООО «ТОСС» планирует проводить варку стекла С93-3 и изготовление заготовок, необходимых для дальнейшей вытяжки капилляров, самостоятельно. Таким образом, ООО «ТОСС» будет аккумулировать у себя все технологические процессы, необходимые для производства капилляров, что, в свою очередь, позволяет надеяться на дальнейшее улучшение их качества.

Но С93-3 не является единственной маркой отечественного стекла. С целью снижения влияния высоких температур на область контактирования (рабочую зону) в герконах, было разработано стекло марки С89-12, которое также является легкоплавким, теплопоглощающим, но его рабочая температура - температура заварки - по сравнению с С93-3 снижена на 80 °С (920 °С для С89-12, 1000 °С - для С93-3). Технические характеристики для стекол С93-3 и С89-12 представлены в табл.

На заводе-изготовителе в г. Саратове был отработан технологический процесс варки стекла марки С89-12 в ванной печи непрерывного действия и технология механизированной выработки капилляров для герконов. Была изготовлена промышленная партия капилляров из стекла С89-12, и проведено опробование в условиях производства герконов на нашем предприятии. Получены положительные результаты использования указанного стекла в герконах и гезаконах, подтвержденные данными испытаний на надежность. Для приборов, изготовленных со стеклом С89-12, произошло увеличение технологического выхода (особенно для миниатюрных с длиной баллона 10 мм), в первую очередь, за счет улучшения электрических параметров, более низкого уровня переходного сопротивления, снижения склонности герконов к залипанию.

Однако при использовании стекла С89-12 в массовом производстве герконов МКА-14101 был выявлен повышенный брак по треску спаев из-за того, что это стекло по сравнению со стеклом С93-3 в силу своих температурно-вязкостных характеристик более «короткое» (т.е. имеющее более узкий температурный интервал, при котором может формоваться стекло и, следовательно, спай). Поэтому производство герконов МКА-14101 со стеклом С89-12 было остановлено.

Стекла с составом и свойствами, практически аналогичными или близкими к составу и параметрам стекол С93-3, С89-12, выпускались и выпускаются в ряде зарубежных стран (Германия, США, Япония).

Начиная примерно с 1982-83 годов основное направление в разработке зарубежного теплопоглощающего стекла – это стекло, в составе которого значительно снижено содержание летучих компонентов, имеющих негативные последствия не только в процессе производства стекла и изделий из него, но и существенным образом снижающих надежность работы герконов за счет оседания продуктов улетучивания на поверхностях контактных пружин. Как следствие этого, ряд зарубежных фирм стали применять для выпуска герконов стекла, в составе которых значительно снижено содержание таких летучих компонентов, как РbО, В₂О₃, К₂О.

В нашем распоряжении для проведения обследования и опробования в производстве герконов находились образцы стекол фирмы «Schott»: тип 8516 (с низким содержанием калия), тип 8530 и 8533 (калий в составе отсутствует). Физико-технические характеристики указанных стекол приведены в табл.

Ограничение по содержанию летучих компонентов в стеклах фирмы «Schott», ведет, как правило, к снижению рабочей температуры и, как следствие, к улучшению технологичности по сравнению со стеклом С93-3. Рабочая температура для этих стекол: тип 8516 – 990 °С, тип 8530 – 974 °С, тип 8533 – 910 °С. Это предполагает преимущества данных стекол по сравнению с С93-3 как по технологичности (при одновременном снижении энергозатрат при заварке герконов), так и с точки зрения улучшения параметров герконов (в частности, стабилизации переходного сопротивления). Но в то же время для стекол фирмы «Schott» несколько ниже такие показатели, как объемное электросопротивление и Тк-100 (температура, при которой удельное объемное сопротивление равно 100 МОм·см). Так, для

стекла С93-3 Тк-100 равняется 290 °С, для стекла «Schott» тип 8516 – 233 °С, тип 8530 – 180°С, тип 8533 – 195 °С.

Стекла различаются значениями температуры трансформации и верхней температуры интервала отжига. По сравнению со стеклом марки С93-3 стекла фирмы «Schott» менее термостойки, что было подтверждено при исследовании спаев герконов МКА-14101.

В то же время герконы, произведенные с использованием стекол фирмы «Schott» (типы 8516, 8530 и 8533), имеют вакуумпрочные спаи с сопоставимыми значениями по величине напряжений и механической прочности со спаями герконов, при изготовлении которых применялось стекло С93-3.

Получены положительные результаты испытаний на механические и климатические воздействия для герконов со стеклами фирмы «Schott» разных типов. Однако для герконов МКА-14103, изготовленных со стеклом типа 8533, при неоднократном проведении испытаний на надежность были зафиксированы отказы.

В 1999-2000 годах на нашем предприятии успешно велось массовое производство герконов различных типоразмеров с использованием стеклотрубок фирмы «Schott» (типы 8516 и 8530). Основное преимущество стекол фирмы «Schott» по сравнению со стеклом С93-3 – это безупречный внешний вид, а также возможность улучшить показатели эффективности производства герконов в части уменьшения энергозатрат и повышения долговечности ламп на автоматах заварки. Преимущества герконов со стеклами фирмы «Schott» по электрическим параметрам, которое предполагалось получить за счет снижения температурного воздействия на зону контактирования, не выявлено.

С учетом мировых тенденций на рынке потребления герконов, направленных на увеличение надежности и стабильности их работы, были предприняты попытки по разработке отечественного стекла, способного поглощать инфракрасное излучение и не уступающее, а, возможно, и превосходящее по своим техническим характеристикам импортные аналоги.

В 90-х годах НИИС была начата разработка отечественной марки стекла, которое не содержит в своем составе окиси калия. Был предложен состав стекла с рабочим названием БК-46. По сравнению с С93-3 для стекла БК-46 уменьшена рабочая температура до 960 °С. Стекло БК-46 имеет более низкую склонность к кристаллизации, что делает его более технологичным при выработке капилляров. Но основное достоинство этого стекла – низкий уровень селективной летучести компонентов, который в 4-5 раз меньше, чем у стекол марок С93-3 и С89-12.

Уменьшение температуры заварки до 960 °С однозначно определяет стекло БК-46 как достаточно «короткое». По этому параметру стекло БК-46 занимает промежуточное положение между стеклами С93-3 и С89-12. Это позволяет надеяться, что недостатки стекла С89-12, выявленные в ходе его освоения в производстве герконов, будут преодолены.

К сожалению, разработка отечественного стекла, не содержащего в своем составе калий, была остановлена на этапе изготовления опытных партий.

В 2001-2003 годах было проведено опробование опытных партий теплопоглощающего стекла марки С93-ГОИ, рецептура которого была предложена ООО «Востек». По своему химическому составу стекло относится к стеклам с низким содержанием калия. Для этого стекла получено очень низкое значение КСП –0,3%, что позволило при заварке герконов снизить мощность излучения ламп (напряжения на лампах снижены на 4-5 В по сравнению с заваркой герконов при использовании стекла С93-3). Результаты прохождения опытных партий герконов со стеклом С93-ГОИ по маршруту изготовления и при проведении испытаний на надежность, а также на механические и климатические воздействия – положительные. Но преимущества по электрическим параметрам по сравнению с приборами, изготовленными с использованием стекла С93-3, не выявлено.

Учитывая опыт использования в производстве герконов стекол разных производителей, отличающихся по своим физико-химическим свойствам, можно сделать вывод, что получить какие-либо преимущества от использования того или иного стекла возможно, но в целом надежность приборов в значительной степени связана с рядом других, не менее сильно влияющих на нее факторов, обусловленных технологией производства герконов.

Таблица

Технические характеристики стекол, используемых при производстве герконов

Тип стекла	С93-3	С89-12	БК-46	С93-ГОИ	«Schott»	«Schott»	«Schott»
					тип 8516	тип 8530	тип 8533
Температурный коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^{-7}/\text{K}$ в интервале температур 20-300°C	93	89	87-90	92,8	89,5	89,9	87,4
Температура размягчения (10^{10} пуаз), °C	510	515	500	530	-	-	-
Температура трансформации ($10^{13,3}$ пуаз), °C	450	-	-	-	440	443	470
Верхняя температура интервала отжига (10^{13} пуаз), °C	460	460	448	460	450	445	475
Точка размягчения по Литтлону ($10^{7,6}$ пуаз), °C	635	650	-	-	645	636	640
Рабочая температура (10^4 пуаз), °C	1000	920	960	1064	990	974	910
Термическая стойкость, не менее, °C	120	110	150	-	-	-	-
Плотность, г/см ³	2,52	2,65	2,52	-	2,56	2,53	2,56
Температура, при которой удельное объемное сопротивление равно 100 МОм·см (Тк-100), не менее, °C	290	290	205	-	233	180	195
Химическая стойкость по отношению к воде (потери в массе), не более, %	0,14	0,14	0,11	-	-	-	-
Коэффициент светопропускания при длине волны 1,1 мкм и толщине слоя стекла 1 мм, %, не более	5	5	2	0,3*	1,5-2,0*	1,7-1,9*	3,4-5,0*
Содержание в составе стекла летучих компонентов (K ₂ O)	да	да	нет	да	да	нет	нет

«-» - сведения отсутствуют;

* - данные получены в центральной заводской лаборатории для конкретных партий.