

А.А. Александров¹, Е.М. Сукнёва¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения,
Иркутск, Российская Федерация

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОСТЕКЛЯННЫХ СОЕДИНЕНИЙ СВЧ- КОМПОНЕНТОВ

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы процесса производства СВЧ-компонентов, к ним относятся всевозможные системы связи и передачи данных, которые в своей конструкции имеют металlostеклянные спаи, выполненные из ковара и боросиликатного стекла. В процессе производства, в структуре стекла образуются различного рода дефекты, они ослабляют механическую прочность соединения, что приводит к браку изделия. Основные виды брака металlostеклянных соединений, классификация и причины появления, так же представлены в статье. Выяснено, что такой дефект, как газовые пузыри, является часто встречаемым, поэтому проблема образования пузырей и их устранение, является актуальной. Появление пузырей на поверхности стекла в процессе производства, происходит по разным причинам. Предполагается, что это связано с технологией производства, а именно на этапе обезгаживания материалов.

Проведенный анализ существующих проблем производства металlostеклянных соединений, показал, что появление газовых пузырей, является одной из главных проблем, для решения которой поставлены нижеперечисленные задачи.

Ключевые слова: СВЧ-компоненты, металlostеклянные соединения, спаи, газовые пузыри в стекле, дефекты металlostеклянных соединений, обезгаживающий отжиг.

A. A. Aleksandrov¹, E. M. Suknjova¹

¹Irkutsk state university of railways,
Irkutsk, Russian Federation

ANALYSIS of EXISTING PROBLEMS in the PRODUCTION of GLASS-to-METAL CONNECTIONS of microwave COMPONENTS

Abstract. The article considers the problems of manufacturing process of microwave components, these include all sorts of communications and data transmission system, which in its design are glass-to-metal sealing products made from borosilicate glass and kovar. In the production process, different kind of formed glass defects, they weaken the mechanical strength compounds that leads to marriage articles. Basic types of marriage-metal compounds, classification and causes of, as well represented in the article. Found that such a defect, as gas bubbles, is often vstrechaemym, so the problem of bubbles and their elimination is urgent. The appearance of bubbles on the surface of the glass in the production process occurs for different reasons. It is assumed that this is due to the technology of production, namely at the stage of obezgzhivaniya materials.

Analysis of existing problems in the production of glass-to-metal connections, has shown that the emergence of gas bubbles, is one of the main problems, which supplied the following tasks.

Keywords: microwave components, glass-to-metal connections, Spai, gas bubbles in the glass, glass defects compounds, obezgzhivajushhij annealing.

Введение

В настоящее время во многих сферах человеческой жизни активно используются различные СВЧ-компоненты, это всевозможные системы связи и передачи данных, включая спутниковую, радиорелейные линии, а также авионику, теле- и радиовещание, навигационные спутниковые системы, измерительное оборудование, различные системы спасения и радиолокационные системы, в том числе дистанционное зондирование Земли, управление воздушным движением и так далее.

В процессе изготовления таких компонентов, применяют спай металла со стеклом. В связи с тем, что СВЧ-компоненты имеют паяные соединения, к ним предъявляются требования по герметичности, когда прибор должен обладать устойчивостью к климатическим и биологическим воздействиям.

При изготовлении металлостеклянных соединений, в стекле часто появляются дефекты, которые ослабляют механическую прочность соединения и могут привести к вакуумной неплотности. Наличие брака в свою очередь снижает производительность, увеличивает себестоимость производства, поэтому борьба с дефектами в спаих является одной из проблем техники спаивания и является актуальной задачей по настоящее время [1].

Основные виды брака металлостеклянных соединений и причины их возникновения

Трещины и сколы стекла происходят зачастую по причине того, что скорость охлаждения спаиваемых деталей была завышена или не согласован ТКЛР (температурный коэффициент линейного расширения) стекла и металла; неспаянные участки являются причиной больших зазоров между металлическими и стеклянными деталями, занижением температуры или размеров теплозащитных экранов; недостаточное окисление металлических деталей, приводит к отлипанию стекла от металла; пузыри в спаих с монолитным стеклом появляются по причине плохой подготовки металлических деталей, некачественной промывке бус после резки либо при нарушении газового режима в печи. Основная область появления газовых пузырей в стекле, обычно вблизи поверхности спаиваемых деталей. Своим возникновением, они обязаны следующим причинам: 1) выделению газов, растворенных в металле и стекле; 2) присутствию на поверхности металла углерода, серы и других примесей, которые окисляются при температуре спаивания с образованием газов CO, CO₂, SO₂ и др.; 3) загрязненной поверхности металла или стекла; 4) недостаточной квалификации оператора, допустившего «застревание» воздушных пузырей между металлом и стеклом при спаивании. Отдельные мелкие пузыри не нарушают вакуумной плотности соединения и с ними можно мириться. Однако, как правило, присутствие, в особенности в больших количествах в виде цепочек, недопустимо. Пузыри на поверхности спаиваемых деталей ослабляют сцепление, образуют слабое место для возникновения трещин и волосных каналов, которые имеют тенденцию распространяться вдоль газовых цепочек. Это говорит о том, что появление таких пузырей влечет за собой образование других дефектов, а значит борьба с пузырями является актуальной задачей, которая требует решения [3].

Некоторые металлы, например сплавы, богатые никелем, отличаются особыми «газообразующими» свойствами. Если эти сплавы не подвергать предварительному обезгаживанию, то спай с ними характеризуется множеством газовых пузырей, густо покрывающих поверхность спаиваемых деталей, поэтому немаловажно применять правильную технологию производства.

Для примера, рассмотрим один из способов обезгаживания изделий, по которому изделие обезгаживается поблочно. Каждый блок (сборка) в соответствии с составом материалов, входящих в него, имеет индивидуальный режим обезгаживания: температуру нагрева в пределах 50-80°С, длительность вакуумирования при заданной температуре нагрева и вакууме продолжается до достижения заданной скорости гажения и постоянные параметры: давление в начале процесса нагрева не более 1 Па, выдержка при заданной температуре в вакууме не больше 10-20 Па, снижение скорости газовой выделению до 5% от первоначальной.[4]

Технология производства

Перед тем как приступить к изготовлению СВЧ-компонентов, детали предварительно проходят процесс подготовки. Рассмотрим типовой технологический процесс:

005 Обезжиривание в органическом растворителе

- 010 Обезжиривание химическое
- 015 Контроль качества промывки деталей
- 020 Окисление
- 025 Контроль качества окисления деталей
- 030 Химическое травление
- 035 Контроль качества травления деталей
- 040 Отжиг
- 045 Контроль качества отжига деталей
- 050 Окисление
- 055 Контроль качества окисления

После этого детали спаивают в печи. На данный момент на Иркутском релейном заводе, освоен выпуск герметичных соединителей типа SMA: СРГ-50-751-ИрФВ и СРГ-50-876-ИрФВ, представленного на рис.1,а. Для того чтобы достичь герметичности $1,3 \cdot 10^{-11}$ мЗ \cdot Па \cdot с $^{-1}$ втулка на рис.1,б,поз.1 и вывод, представленный на рис.1,б,поз.2 из сплава 29НК (ковар) ГОСТ 10994-74 спаиваются с изолятором из боросиликатного стекла С52-1 ОСТ 11 027.010-75 [2].

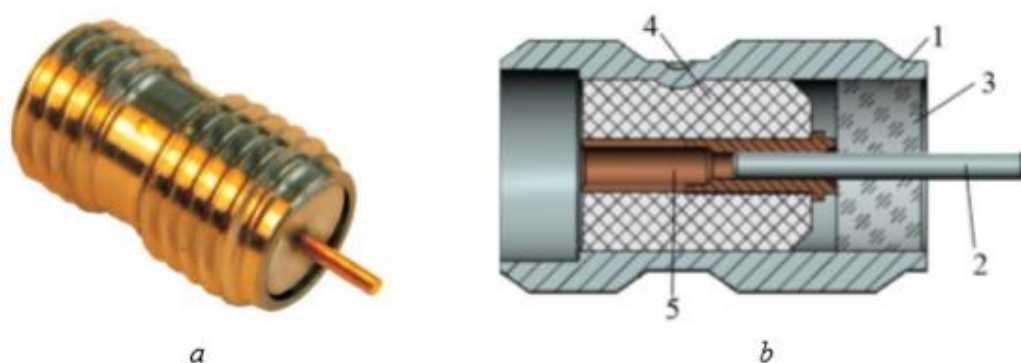


Рис. 1. Соединитель радиочастотный герметичный СРГ-50-876-ИрФВ (а) и его параметрическая модель (б), где: 1 - втулка, 2 - вывод, 3 - стеклянный изолятор, 4 - изолятор, 5 – гнездо.

Процесс получения спая в автоматизированной колпаковой печи АПВД.2.300х400-1200

Элементами режима спаивания являются температура (T , °С), время выдержки (t , мин) и давление груза на изолятор (m , г). Спай ковара со стеклом С52-1 образуется в интервале температур $T=[825;1130]$ °С при $t_{min} = 10$ мин. Масса груза подбирается опытным путем. Первоначально происходит откачка атмосферы до разряжения 93 Па и наполнение колпака азотом. На следующем этапе (1-2), как представлено на рис.2, происходит нагрев до 760°С-800°С со скоростью 25°С/мин, затем выдержка в течение 5 минут и нагрев со скоростью 5-8°С/мин до заданной температуры $T = 840^{\circ}\text{C}-860^{\circ}\text{C}$ (2-3). Ступенчатый нагрев позволяет избежать перегрева садки, связанного с тепловой инерцией при достижении заданной температуры. Далее (3-4) происходит выдержка при заданной температуре в течение 15-25 минут и затем охлаждение (4-5) до 535°С-545°С с максимально возможно скоростью. Затем производится отжиг спаянных узлов, а азот в колпаке начинает замещаться водородом. После выдержки в течение 30-60 минут (5-6) при температуре 535°С-545°С происходит охлаждение со скоростью 2-4°С/мин до 400°С (6-7). Далее узлы остывают вместе с печью до $T = 65^{\circ}\text{C}$ (7-8). Таким образом, весь процесс приходит в автоматическом цикле без вмешательства человека. В результате внедрения автоматизированной печи удалось снизить образование газовых пузырей от 10%-18% до 2%-3%, но совсем избежать их появления не удастся.

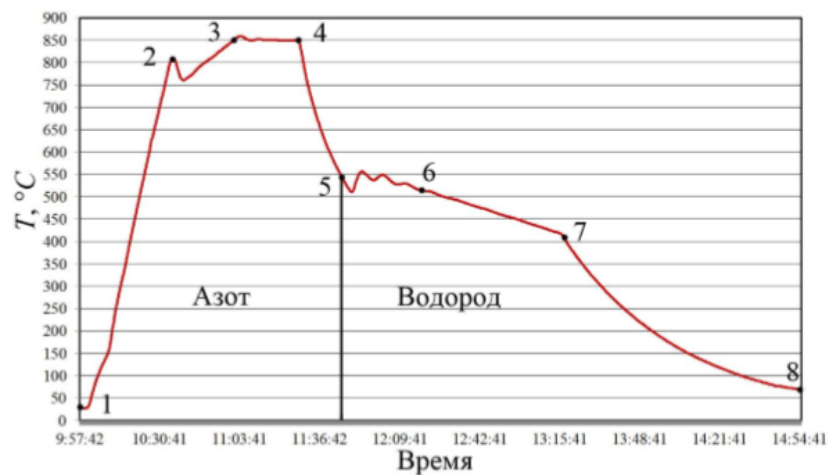


Рис.2 Процесс получения и отжига металлостеклянного соединения в автоматизированной колпаковой печи

Заключение

В ходе проведенного анализа производства металлостеклянных изделий, следует сделать вывод о наличии недостатков в способе изготовления СВЧ-компонентов, а именно наличие газовых пузырей, что приводит к браку изделий. Для устранения проблемы, предполагается рассмотреть и решить следующие задачи:

- 1) выяснить, на каком этапе процесса получения металлостеклянного спая происходит появление газовых пузырей и выяснить причины их возникновения;
- 2) модернизировать технологический процесс получения металлостеклянного спая, обеспечивающего отсутствие дефектов.

Библиографический список:

1. Любимов М.Л. Спаи металла со стеклом. //Серия «Электронное материаловедение». Под редакц. Девяткова Н.Д.//Москва 1968-142с.
2. Лгалов В.В.,Зайдес С.А. Технология получения металлостеклянных соединений СВЧ-компонентов в автоматизированной колпаковой печи – Режим доступа: <http://irzirk.ru/>.
3. Михайлова В.А. Стеклометаллические корпуса для полупроводниковых и электровакуумных приборов.//Под редакц. Любимова М.Л. //Москва «Энергия» 1979.
4. Патент G01N7/16, Способ обезгаживания изделий/ Ржаницын Р.А.-Режим доступа: <https://www.innov.ru/news/economy/sfery-primeneniya-svch-ko/>.

Bibliography:

1. Lyubimov M.I. Spai metal with glass. Series "E-science". Under redakc. Devyatkova Na//1968-142 from Moscow.
2. Lgalov v.v., Zajdes S.a. technology-metal compounds of microwave components in an automated Bell-type furnace-access mode: <http://irzirk.ru/>.
3. Mihaylova V.a. Steklometallicheskie housings for semiconductor and electrovacuum devices.//redakc. Lyubimov M.I.//Moscow "energy" 1979.
4. patent G01N7/16, way to obezgazhivaniya products/Rzhanitsyn R.a.-access mode: <https://www.innov.ru/news/economy/sfery-primeneniya-svch-ko/>.

Информация об авторах

Александров Андрей Алексеевич к.т.н., доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Andreyalexandrov2008@ya.ru

Сукнёва Екатерина Михайловна магистрант, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Cat2609@mail.ru

Information about the authors

Alexandrov Andrey Alekseevich, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, the Subdepartment of Aautomation of production processes, Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: Andreyalexandrov2008@ya.ru

Suknjova Catherine Mikhailovna undergraduate, Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: Cat2609@mail.ru

Для цитирования

Александров А.А., Сукнёва Е.М. Анализ существующих проблем производства металлостеклянных соединений СВЧ-компонентов [Электронный ресурс] / А.А. Александров, Е.М. Сукнёва// Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн.- 2018. -№1.-Режим доступа: <http://mnv.irkgups.ru/toma/11-2018>. – Загл. с экрана. - Яз. рус, англ. (дата обращения: 17.09.2018)

For quoting

Aleksandrov A.A., Suknjova E.M. Analysis of existing problems of production glass-to-metal connections microwave components [electronic resource]/A.A. Aleksandrov, E.M. Suknjova//the young science of Siberia: the electron. researcher. purchase req. Wksh.-2018. Item No. 1.0-access mode: <http://mnv.ircgups.ru/toma/11-2018>. - Caps. from the screen. - Armenian. Eng, Eng. (date: 17.09.2018)