

ТЕХНОЛОГИЯ РОЛИКОВОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ: ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО

О.Симонов sov@eurointech.ru

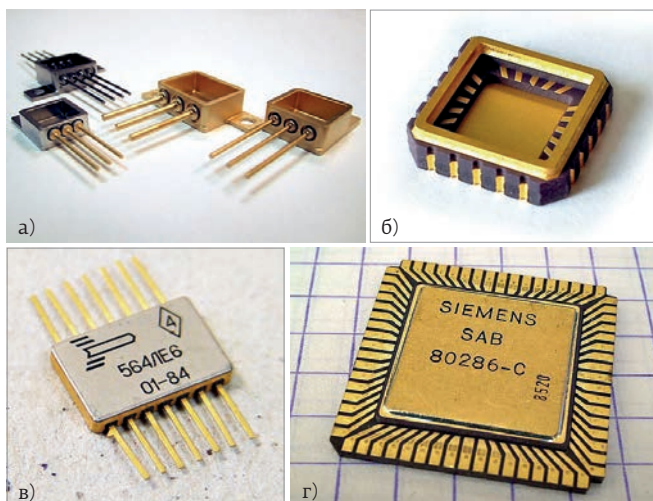
Металлические и металлокерамические корпуса электронных приборов традиционно находят широкое применение в таких отраслях, как телекоммуникации (оптоэлектронные компоненты), видеосистемы (ПЗС), мобильная связь (ПАВ-фильтры, кварцевые резонаторы), автотранспорт (МЭМС), аэрокосмическая индустрия, медицина и т.д. Высокие требования к надежности оборудования, производимого в этих отраслях, диктуют необходимость качественной герметизации электронных компонентов.

Среди способов герметизации корпусов на сегодняшний день наиболее часто применяются различные виды сварки – шовно-роликовая, конденсаторно-разрядная, лазерная; пайка с применением различных припоев; посадка крышки на эвтектическую смесь золото-олово, на стекло с низкой температурой плавления либо на эпоксидный клей. В данной статье будет рассмотрен метод шовно-роликовой герметизации с точки зрения решения проблем, возникающих при его использовании.

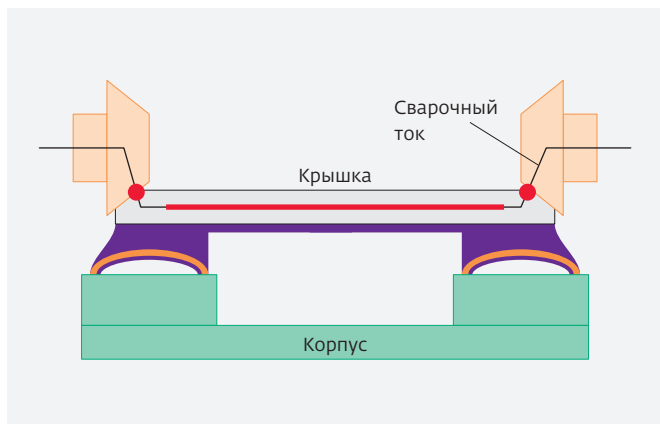
КОРОТКО О ТЕХНОЛОГИИ РОЛИКОВОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ

Шовно-роликовая герметизация является разновидностью контактно-резистивной сварки. Физической основой метода является локальный разогрев свариваемых материалов импульсами электрического тока (эффект Джоуля) до температуры плавления и затвердевание расплава в промежутках между импульсами в виде сварного шва. Электроды выполнены в форме роликов, что отражено в названии метода.

Хотя в принципе возможно создание сварного шва самой различной формы, на практике чаще всего корпуса имеют прямоугольный вид. Для корпусов цилиндрической формы типовым решением является применение другого метода – сварка с использованием конденсаторного разряда, который одновременно происходит по всему периметру, где соприкасаются шляпка и цоколь.



Внешний вид металлических (а, в) и металлокерамических (б, г) корпусов до и после герметизации



Схематическое изображение протекания сварочного тока

Процесс герметизации проходит следующие стадии:

- укладка крышки на корпус;
- точечная прихватка крышки к корпусу импульсом сварочного тока;
- создание сварного шва в одном из направлений (ось Y), в среде азота;
- окончательная герметизация – шов вдоль оси X, в среде азота либо в вакууме.

Для предварительной очистки изделий перед герметизацией производится отжиг в вакуумной среде, в ходе которого удаляются адсорбированные газы и летучие соединения, что существенно повышает качество сварного шва. Отжиг возможен как до, так и после укладки и прихватки крышек, в зависимости от того, происходит ли прихватка на отдельной установке или в составе единого автоматизированного комплекса. Применение вакуума на последней стадии процесса означает, что вакуумная среда остается по его завершении внутри изделий, что особенно необходимо в таких применениях, как кварцевые резонаторы, ПАВ-фильтры, инфракрасные сенсоры и МЭМС.

Все вышеперечисленные процессы, как правило, являются автоматизированными. Кассетная обработка изделий и интеграция технологических операций в автоматическую линию с конвейерной подачей изделий позволяет повысить производительность и снизить влияние "человеческого фактора", что в конечном итоге ведет к достижению высокой экономической эффективности производства.

МАТЕРИАЛЫ КОРПУСОВ

До настоящего времени большая часть металлокерамических корпусов в России и в мире изготавливается

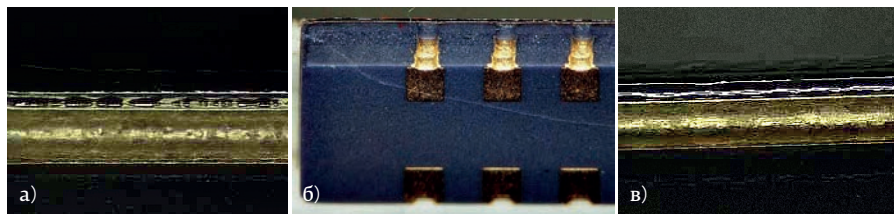
из высокотемпературных совместно спекаемых керамических материалов (High Temperature Co-Fired Ceramic, HTCC), основными достоинствами которых являются высокая прочность и хорошее соединение с металлическими частями корпуса. Как правило, в качестве проводников в этом случае используются тугоплавкие металлы, такие, как вольфрам и молибден, устойчивые к высоким температурам, которые характерны для совместного отжига. Для таких корпусов технология роликовой герметизации хорошо отработана.

Высокий интерес к другому типу – низкотемпературной керамике (Low Temperature Co-fired Ceramic, LTCC) – обусловлен в первую очередь тем, что она дает возможность использовать при производстве корпусов материалы с высокой электрической проводимостью. Наиболее часто они находят применение в СВЧ-устройствах. Основными направлениями перспективных разработок по созданию новых LTCC-материалов являются: снижение коэффициента диэлектрических потерь, снижение температурного коэффициента расширения (ТКР) и повышение экологической безопасности получаемых изделий за счет отказа от использования свинца. Хотя этот тип керамики представляет повышенный интерес для разработчиков электронных устройств, необходимо отметить, что прочностные характеристики у LTCC в целом хуже по сравнению с HTCC, а подбор режима для ее герметизации методом роликовой сварки представляет собой значительно более сложную задачу.

В большинстве случаев материалом сварочного кольца, на котором устанавливается крышка корпуса, а также самой крышки является ковар – сплав никеля (29%), кобальта (17%) и железа. Использование данного материала обусловлено близким значением его ТКР к значению для керамики, что означает небольшие механические напряжения в области их соединения при нагреве, и, следовательно, его высокую прочность. Для обеспечения защиты коварового кольца от коррозии на него, как правило, наносится покрытие из чистого никеля, осажденного электролитическим способом.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРОЧНОГО ПРОЦЕССА

При выборе технологического режима работы установки роликовой герметизации в первую очередь следует обратить внимание на энергию сварочного импульса, обеспечивающую локальный разогрев и оплавление, которая, по сути, определяется протекающим током (легко контролируемый параметр).

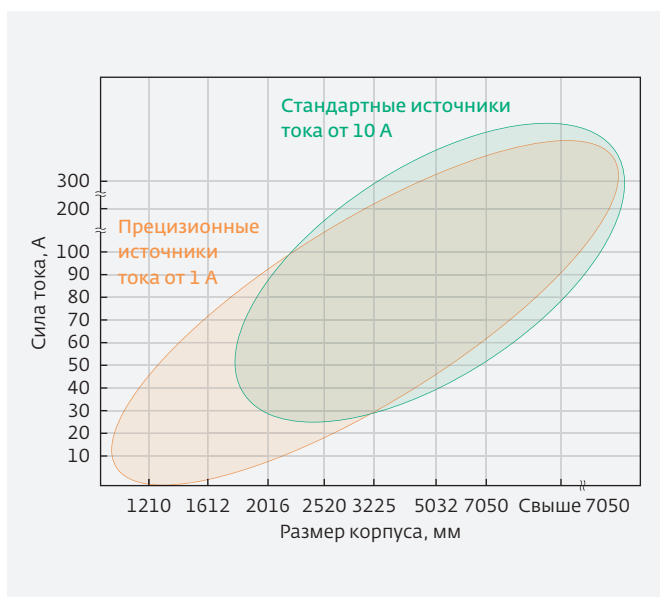


Энергетика сварочного процесса: неравномерный шов при недостаточной энергии (а); трещина в корпусе при избыточной энергии (б); пример качественного шва при оптимальном режиме роликовой сварки (в)

Наибольшая часть тепловой энергии выделяется в точке соприкосновения между крышкой и корпусом. Если ее уровень будет недостаточен, шов будет неравномерным и не обеспечит герметичность.

С другой стороны, чрезмерно высокий уровень энергии импульса дает целый ряд нежелательных последствий: перегрев элементов внутри корпуса, термическая деформация крышки (и, как следствие, опять же отсутствие герметичности), образование трещин из-за термического стресса.

Таким образом, задачей технолога является нахождение "золотой середины" между двумя нежелательными крайностями. Рекомендуемый порядок действий при подборе режима для конкретного изделия состоит в постепенном движении от минимальных значений сварочного тока в сторону повышения



Сравнение стандартных источников тока для установок роликовой герметизации с прецизионными источниками разработки Nippon Avionics

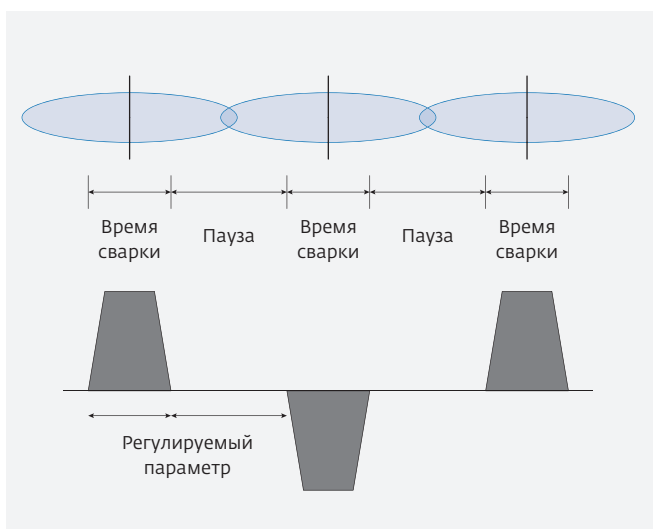
до получения оптимального результата, который может быть определен визуально (с помощью микроскопа) либо с помощью специализированного тестового оборудования для контроля герметичности.

Проблема чрезмерной энергии особенно остро стоит для корпусов малых размеров (<2 мм), поскольку их небольшая поверхность не позволяет быстро рассеивать тепло в промежутке между сварочными импульсами.

Решением этой проблемы является использование прецизионных источников тока. К примеру, установка тока с точностью в 1 ампер в современных источниках разработки компании Nippon Avionics позволяет работать даже с корпусами размером менее 1 мм. В настоящее время такие корпуса являются экзотикой для отечественной промышленности, но общемировая тенденция к миниатюризации элементной базы заставляет задуматься о перспективах их использования.

ВРЕМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРОЧНОГО ПРОЦЕССА

Не менее важным вопросом являются временные характеристики сварочного импульса и точность воспроизведения импульсной последовательности. Для обеспечения достаточного перекрытия между зонами оплавления, формирующими сварочный шов,



Временной график последовательности сварочных импульсов

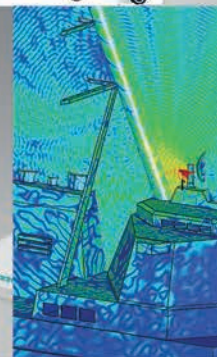
Eurointech

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОНИКИ

Поставки технологического оборудования и материалов для электронной промышленности, программных средств для проектирования, моделирования и анализа электронных приборов и устройств

Решения для технологических процессов:

- Обработка полупроводниковых пластин и подложек
- Сборка микросэлектронных изделий
- Монтаж печатных плат
- Обработка проводов и кабелей
- Тестовое оборудование
- Визуальный контроль



МЫ ПРЕДЛАГАЕМ ТОЛЬКО ТО, НА ЧЕМ
ХОТЕЛИ БЫ РАБОТАТЬ САМИ

ООО «Евроинтех»

140011, Московская область, г. Люберцы

ул. Юбилейная, дом 26, офис 016

Тел.: +7 (495) 749 45 78, тел./факс: +7 (495) 228 72 04

www.eurointech.ru
sales@eurointech.ru



Дефект, вызванный резким фронтом импульса (крышка корпуса, вид сверху)

длительность сварочных импульсов и пауз между ними должны быть заданы соответствующим образом. В противном случае, при наличии разрывов, герметичность корпуса достигнута не будет.

Следует обратить на такой задаваемый параметр, как время нарастания сварочного тока (фронт импульса). При слишком резком нарастании возможно повреждение крышки – эти дефекты имеют вид характерных сколов. Во избежание подобных дефектов рекомендуется плавно увеличивать сварочный ток до максимального значения в течение нескольких миллисекунд.

В качестве типового соотношения временных параметров <Фронт импульса> : <Поддержание заданной амплитуды> : <Время паузы>, можно указать 1 : 8 : 12. Но при этом необходимо отметить, что в реальных применениях оптимальное соотношение может варьироваться, и в каждом конкретном случае технологи должны подбирать его самостоятельно.

ЗНАЧЕНИЕ УСИЛИЯ ПРИЖИМА

Существует заблуждение, что увеличение усилия прижима способствует получению качественного сварочного шва в случае, если крышка и корпус имеют неровности микрорельефа. На первый взгляд это правильно, однако более значительную роль здесь играет другой процесс. При росте нагрузки на ролики увеличивается эффективная площадь

соприкосновения между ними и крышкой, а это означает увеличение проводимости, поскольку проводимость пропорциональна площади сечения проводника. В цепи сварочного тока именно эта область имеет наибольшее сопротивление, и, когда оно начинает падать обратно пропорционально проводимости, ток в цепи растёт. Джоулев нагрев происходит не только в зоне контакта, но и на других участках цепи, в том числе – в крышке. Ее разогрев происходит достаточно быстро, и термическое расширение не соответствует расширению корпуса в целом. В результате возникает механическое напряжение, способствующее образованию трещин. Таким образом, мы приходим к выводу, что большое усилие прижима роликов нежелательно.

Многолетний опыт производства установок роликовой герметизации компанией Nippon Avionics показывает, что наилучшего результата, если говорить о качестве сварного шва, удастся добиться при использовании качественно изготовленных корпусов и крышек и с применением небольшого усилия прижима. По этой причине Nippon Avionics применяет в своих установках сварочную головку облегченной конструкции, усилие прижима которой определяется только ее собственным весом. При необходимости вес сварочной головки регулируется дополнительной установкой гирек дисковидной формы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получение наиболее качественных результатов при герметизации металлических и металлокерамических корпусов методом шовно-роликовой сварки возможно при сочетании трех основных факторов:

- высокий уровень исполнения используемого оборудования;
- надлежащий уровень контроля качества при производстве используемых материалов (корпусов и крышек);
- глубокое понимание технологии процессов, происходящих при сварке, и навыки в подборе оптимальных режимов.

Автор выражает благодарность специалистам компаний Nippon Avionics Co., Ltd и NGK Spark Plug Co. Ltd. (NTK Semiconductor Division) за предоставленные материалы, использованные при написании данной статьи.

ИСТОЧНИКИ

- <http://www.avio.co.jp/english/>
- <http://www.ngkntk.co.jp/english/>