

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕРМЕТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ КОРПУСОВ ДАТЧИКОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ МИКРОПЛАЗМЕННОЙ И ЛАЗЕРНОЙ СВАРКОЙ

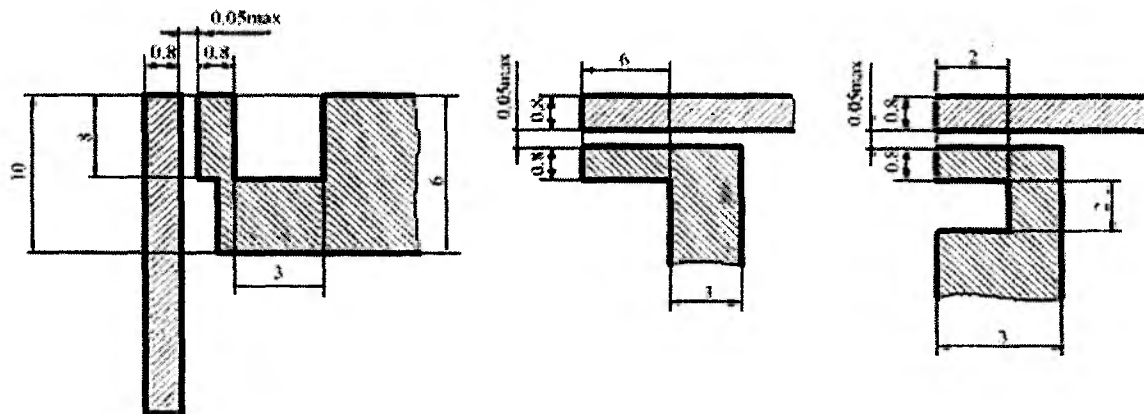
Введение

Требования высокой надежности изделий радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), сохраняющей готовность к бесперебойному функционированию на протяжении длительного периода времени, диктуют технологии герметизации корпусов датчиков из алюминиевых сплавов, в т.ч. средств их технологического оснащения, развития опережающими темпами, следующие условия:

- практически мгновенное изменение параметров лазерного луча (мощности диаметра, длительности импульса и др. в соответствии с вводимой технологической программой);
- высокая плотность мощности лазерного луча ($10^6 - 10^9 \text{ Вт/см}^2$);
- бесконтактность обработки, возможность производить обработку в труднодоступных местах изделия, а применительно к приборостроению – узкая зона температурного влияния, чувствительные к повышенной температуре;
- универсальность, заключающаяся в возможности обработки лучом из одного источника, в т.ч. не поддающихся обработке традиционными технологическими способами;
- общее улучшение показателей механической прочности датчиков в связи с очисткой и дегазацией металла шва, образованием мелкозернистой структуры в шве и околошовной зоне, сопровождаемой некоторым повышением микротвердости в сочетании с меньшей неоднородностью свойств [1].

Методика и результаты проведения исследований

В ГП НИЦНТМТ (г. Харьков) были проведены экспериментальные исследования технологических режимов герметизации корпусов датчиков согласно выбранной технологической концепции для радиоэлектронной аппаратуры, конструкторско-технологической решения и исходные данные которых приведены на рисунке и табл.1[2].



корпус №13

корпус №1,11,12

корпус №2

Конструкторско-технологические решения (КТР) корпусов датчиков

Экспериментальные исследования по опробованию технологических режимов герметизации корпусов датчиков микроплазменной сваркой проводились с помощью установки МПУ-4, в которой плазматрон, установленный на каретке с возможностью точной регулировки по высоте и перпендикулярно направлению перемещения при помощи червячной

передачи, приводимой в движение реверсивным двигателем, может перемещаться с регулируемой скоростью вдоль направляющих реек. Корпуса датчиков устанавливались под плазматрон при помощи специальных теплопроводящих пластин.

Таблица 1

Исходные данные герметизируемых корпусов датчиков

Условный номер корпуса	7	8	9	10	11	12	13	14
Наименование материала	Ал2 Амц	Ал2 Амц	Амц	Амц	Амг 6	Амц	Амг 6	Амц

На каждом корпусе блока величина зазора между свариваемыми кромками, измеренная на микроскопе МБС-2, была неравномерная и составляла 0,05 – 0,15 мм. Превышение кромок у всех корпусов составляло не более 0,15 мм. Технологические режимы герметизации корпусов датчиков микроплазменной сваркой приведена в табл.2.

Таблица 2

Технологические режимы герметизации корпусов датчиков микроплазменной сваркой

Номер корпуса	Амплитуда сварочного тока, А	Длительность прямого импульса, с	Длительность обратного импульса, с	Скорость сварки, см/мин
7	27-30	0,04	0,04	55
8	27-30	0,04	0,04	55
9	27-30	0,04	0,04	55
10	27-30	0,04	0,04	55
11	25	0,04	0,04	48
12	25	0,04	0,04	48

Питание основной дуги плазматрона осуществлялось импульсным током разной полярности, что способствовало эффективному разрушению оксидной пленки на поверхности кромок корпусов датчиков.

Различные величины зазора между свариваемыми кромками корпусов датчиков приводила к необходимости подбора режима сварки для свариваемых кромок в пределах, указанных в табл. 2. Из-за перегрева корпусов к моменту окончания прохода кромки скорость сварки к концу прохода увеличивали. Наблюдалось выгорание, пережог кромок на углах из-за прогиба дуги. Для устранения этого дефекта применяли специально разработанные технологические приспособления.

После герметизации корпусов датчиков микроплазменной сварки проводили операцию контроля герметичности методом вакуумирования внутренней плоскости и обдува гелием по ОСТ 92-9555-82. Загерметизированные образцы испытывали серией «бароударов» из 10 циклов. Результаты испытаний приведены в табл.3.

Для контроля температуры корпусов датчиков на их поверхность наносились термоиндикаторные краски с температурами перехода 67°C, 110 °C, 193 °C. При использовании водоохлаждаемых теплоотводов температура корпуса не превышала 67 °C на расстоянии 15 мм от сварочного шва.

Испытания на прочность проводились путем подачи внутрь корпусов датчиков азота под давлением 1,5 кг/см² в течение 5 мин. После испытаний корпуса датчиков соответствовали требованиям на герметичность.

Экспериментальные исследования технологических режимов герметизации корпусов датчиков лазерной сваркой проводились на установках «Квант-15» и «Квант-10». Корпуса блоков устанавливали в приспособлении, обеспечивающем перемещение корпусов под лучом лазера. На установке «Квант-10» применяли приспособление для линейного перемеще-

ния, а на установке «Квант-15» – для вращения. Оба устройства имели возможность регулирования скорости линейного перемещения и вращения [2].

Таблица 3

Результаты испытаний образцов корпусов датчиков серий «бароударов»

Номер корпуса	7	8	9	10	11	12	13
Первая герметизация, л/мкм рт. ст. с	$1 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Повторная герметизация л/мкм рт. ст. с	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
После 10 циклов «бароударов» л/мкм рт. ст. с	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$

Перед сваркой производили механическую зачистку торцов и сопрягаемых поверхности корпусов датчиков. Контроль зазора между сопрягаемыми поверхностями свариваемых кромок проводили с помощью микроскопа МБС-2. У плоских макетных образцов зазора между кромками не превышала 0,05 мм, а у цилиндрических – не более 0,08 мм. Сварку выполняли не позже, чем через 1 час после подготовки поверхностей кромок. Технологические режимы герметизации корпусов датчиков лазерной сваркой приведены в табл.4.

Таблица 4

Технологические режимы герметизации корпусов датчиков лазерной сваркой

Номер корпуса	Тип лазерной установки	Напряжение накопителя, В	Частота следования импульсов, Гц	Диаметр фокуса луча, мм	Коэффициент перекрытия сварных точек	
					Первая герметизация	Вторая герметизация
1	Квант-15	700	5	0,8	0,6	0,8
3	-//-	700	5	0,8	0,6	0,8
4	-//-	650	5	0,8	0,6	0,8
5	-//-	650	5		0,6	0,8
7	-//-	650	5	0,8	0,6	0,8
10	-//-	700	5	0,8	0,6	0,8
11	-//-	600	5	0,8	0,6	0,8
06	Квант-10	750	1	1,2	0,6	0,8
07		650	1	1,2	0,6	0,8

При операции герметизации свариваемую зону защищали аргоном. В корпусах блоков, загерметизированных на установке «Квант-15», наблюдалось неполное проплавление торцов кромок (ширина торца кромок не превышала 1,4 мм), а в корпусных блоках, загерметизированных на установке «Квант-10» – полное плавление кромок.

После герметизации корпусов датчиков лазерной сваркой проводили операцию контроля герметичности методом вакуумирования внутренней полости и обдува гелием по ОСТ 92-9555-82 с помощью гелиевого течеискателя ПТИ-10. Результаты испытаний приведены в табл.5.

После герметизации все корпуса блоков (кроме 07) оказались негерметичными (в воде макетные образцы с поддувом воздуха изнутри давлением $1,1 \text{ кг/см}^2$ показали негерметичность по всему периметру шва, что объясняется его пористостью). После первой герметизации корпуса блоков герметизировались повторно. Для этого на их кромках механической

обработкой снимали сварной шов, кромки шабрили и производили вторичную герметизацию с увеличенным коэффициентом перекрытия сварных точек.

Таблица 5

Результаты испытаний контроля герметичности корпусов датчиков

Номер корпуса	После первой герметизации <i>л/мкм рт. ст./с</i>	После второй герметизации <i>л/мкм рт. ст./с</i>
1	Не герметичен	Не герметичен
3	Не герметичен	Не герметичен
4	Не герметичен	$1 \cdot 10^{-3}$
5	Не герметичен	Не герметичен
7	Не герметичен	Не герметичен
10	Не герметичен	Не герметичен
11	Не герметичен	Не герметичен
06	Не герметичен	Не герметичен
07	$4 \cdot 10^{-3}$	-

После повторной герметизации корпуса блоков также оказались негерметичными, кроме корпуса №4, у которого обнаружена точечная течь. В корпусе №5 сварка кромок была произведена в три прохода. Проверка в воде с продувом течь по всему периметру шва.

Из-за негерметичности корпусов блоков дальнейшие испытания не проводились.

Исследования поверхности шва под электронным микроскопом МБС-2 показало наличие большого количества неметаллических включений – остатков не разрушенной оксидной пленки, чего не наблюдалось на корпусах, загерметизированных с помощью микроплазменной сварки.

Выводы

1. Микроплазменная сварка обеспечивает получение герметичного сварного соединения корпусов блоков датчиков.

2. Существенной трудностью является получение стабильного качества сварного соединения в зоне поворота свариваемых кромок (углов). В этих зонах изменяется тепловой режим и объем сварочной ванны, в результате чего в сварном соединении образуются различные дефекты, в т.ч. непровары («краевой эффект»).

3. С целью уменьшения влияния «краевого эффекта» на качество сварного соединения предлагается применить в «опасных зонах» специальные технологические накладки для стабилизации теплового режима.

4. Широкое использование микроплазменной сварки для герметизации корпусов блоков датчиков затруднено из-за сложности автоматизации процесса сварки и обеспечения эффективного отвода тепла.

5. Герметизация корпусов блоков датчиков из алюминиевых сплавов лазерной импульсной сварки не обеспечивает надежную герметичность из-за неизбежных появлений оксидной пленки на свариваемых поверхностях, что приводит к образованию в сварном шве неметаллических включений и микротрещин.

6. Круглая или овальная форма сварного шва предпочтительнее прямоугольной в части обеспечения стабильного теплового режима сварки и качества сварного шва.

Список литературы. 1. *Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справ.* / Н.Н. Ракалин, А.А. Углов, И.В. Зуев, А.Н. Кокора. М.: Машиностроение, 1985. 496с. 2. *Технологическая концепция лазерной герметизации радиоэлектронных модулей в корпусах из алюминиевых сплавов* / Замирец Н.В., Котух В.Г., Шур В.А., Алтухова Т.Л.// *Технология приборостроения.* 1996. №1. С.54-57

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
ГП НИЦНТМ (г. Харьков)*

Поступила в редколлегию 15.02.2010