



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГНТ СССР

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4312161/31-27  
(22) 30 09 87  
(46) 23 03 90 Бюл. № 11  
(71) Тольяттинский политехнический инсти-  
тут  
(72) В. Н. Перевезенцев, Н. М. Соколова,  
Ю. Н. Тюнин, В. К. Селиванов, Б. П. Базе-  
лев, В. И. Ефремов и В. Н. Коцаренко  
(53) 621 791 36 (088 8)  
(56) Заявка Японии № 59—225893,  
кл. В 23 К 20/00, 1984

Welding Journal, 1974, № 10, p. 638

(54) СПОСОБ БЕСФЛЮСОВОЙ ПАЙКИ  
ТИТАНА И ЕГО СПЛАВОВ С АЛЮМИ-  
НИЕМ И ЕГО СПЛАВАМИ

(57) Изобретение относится к пайке и может  
быть использовано в различных отраслях  
машиностроения при изготовлении титано-  
алюминиевых конструкций. Цель изобре-  
тения — повышение качества паяных соедине-

ний путем улучшения смачиваемости титана  
расплавленным припоем на основе алюми-  
ния и упрощение процесса пайки. Паяемые  
детали обезжиривают, травят и производят  
сборку деталей с размещением в зоне пая-  
емых зазоров припоя на основе алюминия.  
Сборку помещают в контейнер, расположен-  
ный в вакуумной камере и сообщающийся  
с ней через откачные отверстия. Вакууми-  
руют камеру с контейнером и производят  
нагрев до температуры пайки с подачей в  
контейнер паров магния и свинца. В ка-  
честве источника паров свинца может быть  
использован свинцовый порошок, вводимый  
в порошкообразный припой. Пары свинца  
обеспечивают хорошее растекание припоя на  
основе алюминия по поверхности титана.  
Надежные паяные соединения формируются  
при более низкой температуре и менее глу-  
боком вакууме. Для пайки не требуется  
взаимного прижатия деталей. 2 з. п. ф-лы

Изобретение относится к области пайки,  
в частности к способам бесфлюсовой пайки  
титано-алюминиевых конструкций припоя-  
ми на основе алюминия, и может быть ис-  
пользовано в различных отраслях машино-  
строения.

Цель изобретения — повышение качест-  
ва паяных соединений путем улучшения  
смачиваемости титана расплавленным при-  
поем и упрощение процесса пайки.

Способ реализуют следующим образом.

Паяемые детали обезжиривают и травят  
в стандартных для титановых и алюми-  
ниевых сплавов растворах, при необходимости  
осветляют, промывают, сушат и собирают  
под пайку. Припой в виде фольги или в дру-  
гой компактной форме обезжиривают в ор-  
ганическом растворителе, обрабатывают в

стандартном для алюминиевых сплавов ще-  
лочном растворе с последующими промывка-  
ми, освещением, сушкой и укладкой в паяль-  
ный зазор или рядом с ним. Порошок си-  
лумина используют в состоянии поставки в  
виде пасты на органической связке. Собра-  
нные изделия помещают в контейнер с затво-  
ром, изготовленный из углеродистой или не-  
ржавеющей стали, туда же помещают ком-  
пактную навеску свинца из расчета 3 г/л  
объема контейнера. Контейнер с изделием по-  
мещают в вакуумируемую камеру, например  
разборный вакуумный контейнер, создают  
форвакуум, нагревают, обеспечивая остаточ-  
ное давление не выше 12 Па, до температуры  
пайки, выдерживают 5—20 мин (в зависи-  
мости от марки припоя, массы и геомет-  
рии изделия) и охлаждают.

РПФ-К

В качестве источника паров свинца может быть использован свинцовый порошок, вводимый в порошкообразный припой.

Затвор контейнера может быть уплотнен кусочками измельченной титановой губки, плотно уложенной в несколько слоев. При этом в нижнем слое уплотнения равномерно по периметру размещают несколько навесок магния. Применение паров магния необходимо для активирования поверхности паяемого алюминиевого сплава и алюминиевого припоя, но неэффективно для активирования поверхности титана. Пайка в этом случае возможна лишь с укладкой припоя в зазор в виде тонкой фольги и обязательного сдавливания соединяемых поверхностей при длительной выдержке припоя в расплавленном состоянии. Испарение свинца внутри вспомогательного контейнера обеспечивает растекание силумина по поверхности титана, но в свою очередь неэффективно для активирования поверхности алюминия и его смачивания силумином. Однако одновременное введение навесок магния и свинца внутрь вспомогательного контейнера затрудняет испарение свинца (вследствие образования на его поверхности легкоокисляемых соединений с магнием) и доставку его паров к поверхности титана, что при полном смачивании силумином алюминия не обеспечивает стабильного смачивания титана. Данное противоречие устраняется посредством размещения навесок магния перед откатными отверстиями вспомогательного контейнера и засыпкой их титановой губкой, а свинца — в компактной форме или в виде порошка в смеси с порошком припоя, внутри контейнера. Свинец, применяемый в качестве испаряемого металла, не является активным геттером по отношению к титану и алюминию, не вступает с ними в контактное твердогазовое плавление, но обеспечивает смачивание титана алюминиевыми припоями в том числе силумином, при температуре пайки, допустимой для нагрева алюминиевой части комбинированных титано-алюминиевых конструкций.

**Пример 1** Паяли натурные образцы комбинированного титано-алюминиевого теплообменника, в которых гофрированная пластина из сплава АМЦ ( $30 \times 30 \times 0,3$  мм, высота гофр 6 мм) помещалась между двумя плоскими пластинами из сплава ВТ1—0 ( $30 \times 30 \times 0,2$  мм). Образцы обезжиривали спиртом, обрабатывали в стандартных для титановых и алюминиевых сплавов травильных растворах с последующими промывками, осветлением и сушкой. В качестве припоя использовали порошок эвтектического силумина с размером частиц 120—160 мкм. Припой наносили в состоянии поставки на вершины гофр теплопередающих элементов из сплава АМЦ следующим образом: поверхность гофрированных пластин покрывали органической связкой на основе сополиме-

ра ТБМ—60, после чего эти пластины вершинами гофр вдавливались в равномерный по толщине слой припоя. Глубина вдавливания составляла 1 мм. После нанесения припоя с обеих сторон гофрированная пластина собиралась с двумя плоскими пластинами из ВТ1—0 ( $\delta$  0,2 мм), помещалась между двумя плоскими пластинами ( $\delta$  5 мм), собранный пакет сжимался с помощью трубины так, чтобы зазоры в местах пайки вершин гофр к титановым не превышали 0,1 мм, и в таком состоянии фиксировался с помощью стяжек, вырезанных из титановой фольги, с использованием конденсаторной сварки. Собранные для пайки образцы размещали во вспомогательном составном контейнере цилиндрического типа, изготовленном из нержавеющей стали и при сборке образующем затвор, который уплотняли засыпкой в 4—5 слоев кусочков измельченной титановой губки (размеры частиц 1—2 мм). Контейнер с образцами загружали в вакуумируемый форвакуумный насосом разборный контейнер с «холодной» крышкой, который нагревали в электропечи.

Пайку осуществляли при остаточном давлении 6—11 Па с выдержкой 10 мин при температуре пайки  $600 \pm 5^\circ\text{C}$ , скорость нагрева  $30^\circ\text{C}/\text{мин}$ . Размещение испаряющихся металлов осуществляли по следующим схемам:

а) размещение внутри вспомогательного контейнера в стальном стаканчике компактной навески свинца (3 г/л);

б) размещение внутри вспомогательного контейнера компактной навески магния (0,1 г/л);

в) одновременное размещение внутри вспомогательного контейнера, компактных навесок свинца и магния в указанных количествах;

г) размещение внутри вспомогательного контейнера компактной навески свинца (3 г/л) и в затворе под титановой губкой трех одинаковых кусочков магния (суммарная навеска 0,1 г/л);

д) размещение кусочков магния в затворе под титановой губкой (аналогично пункту г) и введение порошка свинца (размеры частиц 60—80 мкм) в порошок силумина в количестве 3 и 5%.

После пайки проводили визуальный контроль качества формирования галтелей и механические испытания на отдр.

Сравнительный анализ паяных образцов показал, что при введении испаряющихся металлов по схеме а припой смачивает и растекается только по титану, а по схеме б — только по алюминию. В обоих случаях после пайки пластины из ВТ1—0 легко отделялись от алюминиевой гофрированной пластины. При нагреве с одновременным использованием компактных источников паров магния и свинца внутри вспомогательного контейнера (схема в) припой смачивал обе

разнородные поверхности, однако образование галтелей и заполнение зазора было нестабильное, поэтому сравнительно легко отделялись друг от друга. При этом навеска свинца либо не изменяла, либо увеличивала свой вес после нагрева, а ее поверхность приобретала матовый серый цвет. При нагреве по схемам *г* и *д* происходила качественная пайка образцов с образованием плавных, хорошо сформированных галтелей по всем поверхностям контакта гофр с покрывными пластинами. При отдире образцы разрушались как по шву, так и по металлу гофрированной пластины. Наилучшие результаты были получены при нагреве по последней схеме. Дополнительно проведенные коррозионные испытания паяных соединений показали, что введение в шов 3—5% свинца не ухудшает их коррозионные свойства в 3%-ном растворе NaCl.

**Пример 2.** Паяли комбинированные прочностные образцы таврового типа. Прочностные образцы изготавливали из листа сплава ВТ1—0 толщиной 5 мм и из листа сплава АМЦ толщиной 3 мм. Сечение рабочей части образца 15х3 мм, величина паяемого зазора составляла 0,06; 0,1, 0,2 мм. Составные элементы образцов обезжиривали спиртом. Титановую пластину травили в стандартном растворе, содержащем азотную и плавиковую кислоту, промывали и сушили. Алюминиевую пластину обрабатывали в стандартном щелочном растворе с последующими промывками, осветлением и сушкой. Затем образцы собирали с заданным зазором с использованием прокладок из титановой фольги. В качестве припоя использовали порошок эвтектического силумина в состоянии поставки, который смешивали с порошком свинца в количестве 5%. Закрепление порошка припоя на образцах в количестве 160% от объема паяемого зазора осуществляли нанесением органической связки на основе сополимера ТБМ60. Собранные для пайки образцы помещали в контейнер с затвором, который уплотняли кусочками измельченной титановой губки. Предварительно под титановой губкой размещали 3—4 кусочка магния из расчета суммарной навески 0,1 г/л объема контейнера. Контейнер с образцами загружали в вакуумную печь типа СГВ 2,5/15. Пайку осуществляли при остаточном давлении не выше 0,1 Па с выдержкой 5, 10, 15, 30 мин, при температуре пайки  $600 \pm 5^\circ\text{C}$ . На каждом режиме паяли по четыре образца: три образца — для определения средней величины прочности на разрыв; один образец — для металлографического анализа, при котором определяли максимальную величину эрозии сплава АМЦ в расплаве припоя.

При пайке образцов с фиксированным зазором и укладкой припоя около зазора прочность паяных соединений практически достигает прочности сплава АМЦ (111 МПа

при выдержке не более 15 мин. Увеличение выдержки от 15 до 30 мин не приводит к существенному росту прочности, однако сопровождается усилением эрозии сплава АМЦ (максимальная величина эрозии в галтельных участках увеличивается от 0,2 до 1 мм).

Использование данного способа пайки титана и его сплавов с алюминием и его сплавами припоями на основе алюминия, в том числе содержащими кремний, обеспечивает в сравнении с известными следующие преимущества:

возможность изготовления комбинированных изделий с элементами разной толщины, с труднодоступными для приложения внешнего давления местами пайки, например, пластинчато-ребристых теплообменников радиаторов, сотовых панелей;

сокращение выдержки при температуре пайки, например, эвтектическим силумином в 3—4 раза при обеспечении качественного формирования паяных соединений с прочностью на уровне прочности деталей из алюминия и его сплавов;

упрощение оборудования и сокращение цикла пайки за счет возможности ее осуществления в разборных контейнерах, вакуумируемых механическими форвакуумными насосами до остаточного давления не выше 12 МПа;

отсутствие необходимости в специальной подготовке поверхности под пайку и укладки припоя в зазор в виде фольги.

#### Формула изобретения

1. Способ бесфлюсовой пайки титана и его сплавов с алюминием и его сплавами, при котором производят сборку деталей с размещением в зоне паяемых зазоров припоя на основе алюминия, помещают сборку в контейнер, расположенный в вакуумной камере и сообщающийся с ней через откачные отверстия, вакуумируют камеру с контейнером, производят нагрев до температуры пайки с подачей паров магния и последующее охлаждение, отличающийся тем, что, с целью повышения качества паяных соединений путем улучшения смачиваемости титана расплавленным припоем и упрощения процесса пайки, в контейнер подают пары свинца.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве источника паров свинца используют свинцовый порошок, вводя его в порошкообразный припой.

3. Способ по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что источник паров магния размещают снаружи контейнера в зоне откачных отверстий и покрывают его слоем титановой губки.

Редактор Л. Гратилло  
Заказ 296  
Составитель Л. Абросимова  
Техред И. Верес  
Тираж 654  
Корректор Э. Лончакова  
Подписное  
ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5  
Производственно-издательский комбинат «Патент», г. Ужгород, ул. Гагарина 101