

## **ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРОЦЕССА ПАЙКИ ТИТАНА В РАКЕТОСТРОЕНИИ**

**Денисов П.П., Осипов Е.В., Шевченко В.В., Михайлов А.Ю.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

Пайка применяется не только в электронике, а предлагает огромные, неисчерпаемые возможности в создании современных, новейших конструкций во всех областях машиностроения. В аэрокосмической отрасли пайка позволяет создавать конструкции сложной пространственной формы при минимальном весе.

Физический смысл пайки состоит в соединении деталей расплавленным припоем (присадочным материалом) без расплавления материала деталей. Припой имеет отличный от деталей химический состав и более низкую температуру плавления [1].

В современном ракетостроении для изготовления корпусов из титановых сплавов применяют диффузионную пайку. Физический смысл диффузионной пайки заключается в том, что затвердевание расплава в паяемом шве происходит при температуре более высокой, чем температура солидуса припоя благодаря диффузии легкоплавких компонентов в паяемый материал, испарением в окружающую среду и образованием тугоплавких соединений. Такая пайка обеспечивает равновесную структуру паяемого шва, температуру паяния превышающую температуру пайки, увеличивает пластичность, коррозионную стойкость и жаропрочность паяного соединения, из-за устранения химической неоднородности шва [2].

Пайка в отличии от сварки:

- 1 Снижает коробление конструкции за счет отсутствия утяжек материала в зоне шва из-за равномерного нагрева и охлаждения изделия;
- 2 Позволяет соединять множество элементов за одну технологическую операцию;
- 3 Позволяет разобрать конструкцию за счет возможности распая;
- 4 Позволяет собирать сложные пространственные замкнутые конструкции с недоступными для сварки стыками [3].

При этом пайка обладает следующими недостатками:

- 1 Зазоры под диффузионную пайку не должны превышать 0,05 мм, из-за высокой жидкотекучести припоев при высоких температурах [4];
- 2 Невозможность внесения дополнительного припоя или устранения его излишек в процессе пайки;
- 3 Отсутствие возможности контроля зазоров под пайку в процессе пайки;
- 4 Невозможность использования настроечных образцов под пайку для сложных конструкций.

Указанные недостатки существенно ограничивают как применение пайки при проектировании новых изделий, так и переход от сварки к пайке в освоенных производством конструкциях.

Для уменьшения негативного влияния вышеуказанных недостатков на качество паяных соединений и повышения технологичности паяных конструкций в современном ракетостроении предлагается выполнять следующие мероприятия:

1 Для снижения жидкотекучести припоев понижать температуру пайки. В зазоры, превышающие 0,05 мм, закладывать титановую фольгу обеспечивая между элементами конструкции и фольгой зазор не более 0,05мм.

Такой способ подтверждается экспериментальными работами, проводимыми на производствах, данные по которым сведены в таблицу. Образцы для испытания на растяжение и срез изготавливались согласно ГОСТ 28830-90, в количестве 10 шт. для каждого из сочетаний титановых сплавов. Пайка проводилась в вакуумной печи в течении 30 минут и выдержкой в течении 240 минут. Припой – СТЕМЕТ 1202.

Испытания проводились при температуре 20 °С.

Таблица

Сочетание сплавов	Температура пайки, °С±10°С	Температура выдержки, °С±10°С	$\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\tau_b$ , кгс/мм <sup>2</sup>
BT6C+BT6C	920	880	75,0	41,0
BT20+BT20	920	880	86,0	40,0
BT6C+OT4-1	920	880	72,0	31,0
BT6C+OT4-1	870	840	71,0	30,5
BT6C+OT4-1 с 1 прокладкой из фольги BT1-0 толщиной 0,08 мм	870	840	77,75	-
BT6C+OT4-1 с 3 прокладками из фольги BT1-0 толщиной 0,08 мм	870	840	72,2	-

Металлографический анализ паяных соединений показал полное растворение титановой фольги с образованием твердого раствора и отсутствие дефектов (рисунки 1 - 4).



Рисунок 1 – Металлография соединения VT6C+OT4-1 с одной прослойкой титановой фольги, x 200 крат

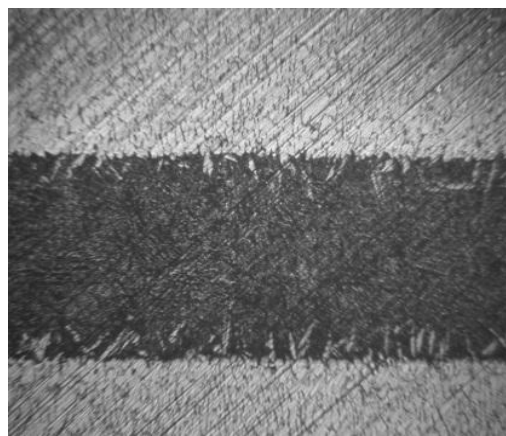


Рисунок 2 – Металлография соединения VT6C+OT4-1 с одной прослойкой титановой фольги, x 300 крат

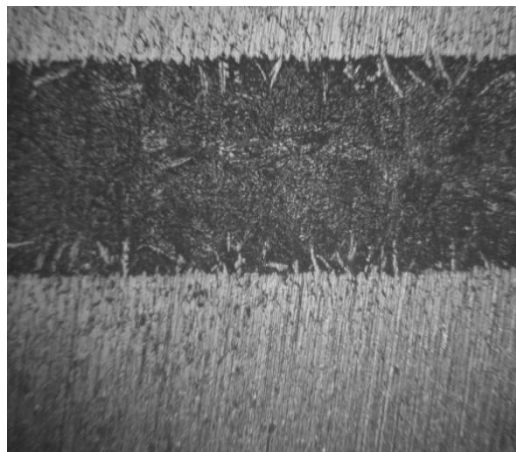


Рисунок 3 – Металлография соединения VT6C+OT4-1 с тремя прослойками титановой фольги, x 200 крат,

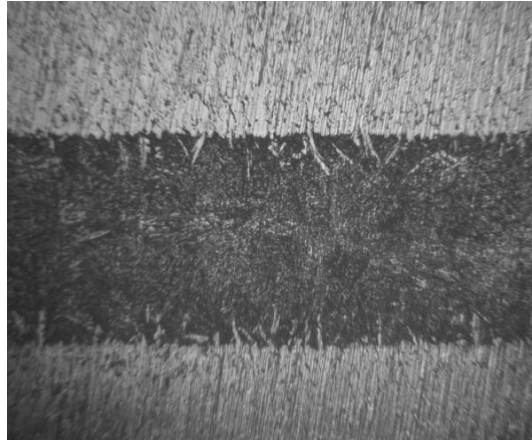


Рисунок 4 –Металлография соединения VT6C+OT4-1 с тремя прослойками титановой фольги, х 300 крат

2 Для снижения влияния количества припоя на качество паяного шва необходимо использовать комбинацию из припоев в виде фольги и порошкового. Фольгу вырезать по контуру паяного шва и закладывать между деталями, а порошковым припоем, разведенным в лаке, промазывать стыки деталей для образования гарантированной галтели шва при пайке.

3 Для обеспечения постоянного зазора между деталями необходимо применять оснастку из материалов с меньшим коэффициентом линейного расширения, чем у титановых сплавов. Это обеспечивает постоянное поджатие деталей в процессе пайки и тем самым сохраняет величину зазора между паяемыми деталями.

4 Применение современных станков с ЧПУ при изготовлении деталей под пайку позволяет добиться стабильности и единообразия изготавливаемых деталей в части геометрических параметров, благодаря чему отработка режимов пайки производится на нескольких опытных образцах от партии изготавливаемых сборочных единиц при запуске изделий в производство.

Таким образом, повышение технологичности пайки позволяет повысить качество, снизить трудоемкость и себестоимость продукции.

#### *Список литературы*

1 Шевченко, Г. Сварка, пайка и термическая резка металлов (1966): справочник / Г.Д. Шевченко – М.: Высшая школа, 1966 – 191 с.

2 Петрунин, И. Справочник по пайке: справочник / И.Е. Петрунин, Ю.И. Березников, Р.Р. Бунькина. - М.: Машиностроение, 2003 – 306 с.

3 Анурьев, В. Справочник конструктора-машиностроителя: справочник / под ред. И.Н. Жестковой – М.: Машиностроение, 2001 – 864с.

4 Лоцманов, С. Справочник по пайке: справочник / С. Н. Лоцманов, И. Е. Петрунин, В. Н. Фролова. – М.: Машиностроение, 1975 – 306 с.

