

УДК 621.791(075.8)

ДИФфуЗИОННАЯ СВАРКА МЕТАЛЛОВ К СИТАЛЛУ

А.М. Минаев, Л.Н. Тялина, В.А. Пручкин, Д.М. Мордасов

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор О.С. Дмитриев

Ключевые слова и фразы: давление; диффузионная сварка; лазерный гироскоп; металлы; регламентные испытания; ситалл; температура.

Аннотация: Рассмотрены проблемы, связанные с получением неразъемных сварных соединений металлов с ситалловым блоком лазерного гироскопа.

Диффузионная сварка позволяет получить надежное соединение разнородных материалов без нарушения их структуры и свойств. Одним из направлений развития этой технологии является применение промежуточных слоев из материалов, проявляющих высокую диффузионную активность при невысоких температурах (менее $0,3 T_{пл}$).

Сварка через промежуточный слой позволяет избежать макродеформации свариваемых деталей благодаря локализации сдвиговых и диффузионных процессов внутри фольги и на контактных поверхностях деталей [1].

В работе исследована технология диффузионной сварки медного анода и холодного катода из высокочистого алюминия А5N к блоку лазерного гироскопа из астроситалла СО-115М. По техническим требованиям заказчика поверхность медной детали подвергается электролитическому золочению.

Выбор оптимального промежуточного слоя, обеспечивающего получение высококачественного соединения разнородных материалов, диктуется следующими требованиями к его свойствам:

- хорошая свариваемость при радиационном или индукционном нагреве в вакууме или контролируемой среде;
- благоприятные теплофизические характеристики для осуществления твердофазного соединения;

Минаев Александр Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Материалы и технология»; Тялина Людмила Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Материалы и технология»; Пручкин Владимир Аркадьевич – учебный мастер кафедры «Материалы и технология», e-mail: var53@yandex.ru; Мордасов Денис Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Материалы и технология», ТамбГТУ, г. Тамбов.

– отсутствие «диффузионного пробоа» в процессе формирования соединения;

– соответствие по термическим коэффициентам линейного расширения (ТКЛР) и модулю упругости основным материалам.

Наиболее распространенными промежуточными материалами для соединения неметаллов являются алюминий, медь, ковар 29НК, ниобий и титан, применяемые в виде фольги толщиной не более 0,2 мм. При увеличении ее толщины металл выступает в роли самостоятельного конструкционного материала.

Сварку проводили в печи СНВ 1.3.1/16,5 (вакуум 10^{-4} мм рт. ст.) при 300...400 °С, время выдержки варьировали от 1 до 3 ч. Расчетную нагрузку поджатия меняли в диапазоне от 600 до 1200 Н. Приложение нагрузки осуществляли рычажной системой, расположенной в рабочем объеме печи. Нагрузка передавалась на пуансон через шар диаметром 5 мм, свободно устанавливаемый в глухом отверстии на рычаге. Величину нагрузки варьировали с помощью установки шарика в разные отверстия на рычаге с рассчитанным усилием поджатия.

Для монтажа нагрузочного устройства, высота которого превышала габариты рабочего пространства печи, была доработана конструкция рабочего стола – уменьшена высота его стоек, рабочий стол и ножки из молибдена заменены на стальные (температура процесса и масса устройства позволяют это сделать – деформации их после нагрева не наблюдались).

Ранее проведенные авторами исследования алюминия А5N [2] показали, что процессы самодиффузии и связанной с ней ползучести начинаются в нем уже ниже $0,3 T_{пл}$. Поэтому в первых экспериментах диффузионную сварку катодов проводили напрямую контактом металлической детали с ситаллом. Контактные поверхности ситалла и алюминия обезжиривали спиртом, металл дополнительно травили в 5%-м водном растворе HF для создания микрорельефа.

Уже двухчасовая выдержка при температуре 350 °С под нагрузкой 1200 Н приводила к оптическому контакту соединяемых деталей. Контроль герметичности конструкция успешно выдерживала. Однако наличие большой макропластической деформации по фланцу алюминиевой детали приводило к заметному росту площади контакта, на которой формировались заметные термические напряжения, связанные с разницей ТКЛР алюминия и ситалла. Они вызывали разрушение по поверхности контакта в условиях ударных и вибрационных испытаний изделия. Разрушению способствовала существенная неоднородность макродеформации фланца алюминиевого катода: сочетание области почти трехмерного сжатия под нагружающим пуансоном и зоны свободного течения расширяющегося металла.

Для локализации пластической деформации в области сварочного контакта алюминиевый катод – ситалл было предложено использовать при сварке прокладку из алюминия АN5 толщиной 20...100 мкм. Фольгу получали из отходов заготовительного производства прокаткой. Перед сваркой прокладку и алюминиевый катод протравливали в 5%-м водном растворе HF. Контактную поверхность ситаллового блока травили в 20%-м водном растворе плавиковой кислоты.

Благодаря выбранной схеме в процессе сварки происходила микропластическая деформация промежуточной фольги в неровности микро-

рельефа и катода, и ситаллового блока. Формирующаяся развитая поверхность контакта деталей нивелировала градиент ТКЛР, что увеличило сопротивление образованию трещин в условиях динамического удара и виброиспытаний.

Наилучшие результаты дала сварка под нагрузкой 1200 Н при 400 °С в течение 3 ч с использованием промежуточной фольги из AN5 толщиной 50 мкм. Испытания на разрушение показали, что трещина распространяется по ситаллу. Разработанная технология была использована для приварки медных катодов к ситалловому блоку в целях унификации технологического процесса.

Полученные нами диффузионной сваркой соединения медь – ситалл выдержали регламентные испытания по техническим условиям на лазерные гироскопические изделия.

Работа выполнена в рамках ведомственной целевой программы «Развитие научной деятельности в сфере высшего образования и науки Тамбовской области на 2010–2012 годы», соглашение № 09-21/02 МУ-12, и при поддержке РФФИ грант № 12-08-00046-а.

Список литературы

1. Люшинский, А.В. Диффузионная сварка разнородных материалов / А.В. Люшинский. – М. : Академия, 2006. – 208 с.

2. Минаев, А.М. Технологические факторы структуры холодного катода лазерного гироскопа / А.М. Минаев, В.А. Пручкин, Ю.А. Брусенцов // Труды IX Всероссийской науч.-техн. конф. «Повышение эффективности средств обработки информации на базе математического моделирования, Тамбов, 27–28 апр. 2009 г. / Тамб. высш. воен. авиац. инженер. училище радиоэлектроники (воен. ин-т). – Тамбов, 2009. – С. 98–101.

3. Минаев, А.М. О внутреннем окислении высококчистого алюминия / А.М. Минаев, В.А. Пручкин // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В.И. Вернадского. – 2011. – Спец. вып. (36). – С. 48–53.

Diffusion Welding of Metal to Glass Ceramics

A.M. Minaev, L.N. Tyalina, V.A. Pruchkin, D.M. Mordasov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: diffusion welding; glass ceramics; laser gyroscope; metals; pressure; rule tests; temperature.

Abstract: In the article the problems related to producing one-piece welded metal connections with glass ceramics block of laser gyroscope are discussed.

© А.М. Минаев, Л.Н. Тялина,
В.А. Пручкин, Д.М. Мордасов, 2012