

УДК 621.791.3

В.С. Рыльников

ВОПРОСЫ ПО ПАЙКЕ, РЕШЕННЫЕ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ «БУРАН»

Приводятся краткие сведения по монтажной пайке трубопроводов и пайке конструкционных сотовых панелей. Сделан выбор основных материалов и припоев. Разработана технология пайки, даны основные характеристики паяных соединений трубопроводов и сотовых панелей.

Ключевые слова: пайка, припой, паяные соединения, соединения трубопроводов, сотовые панели, монтажная пайка.

Short information on erection brazing of pipelines and structural honeycomb panels is given. The main materials and hard solders were chosen. Brazing technology was developed and the main characteristics of brazed pipelines and honeycombs are given.

Key words: brazing, hard solders, brazed joints, pipe joints, honeycomb panels, erection brazing.

При создании изделия «Буран» с использованием пайки велись разработки по двум направлениям – монтажная пайка трубопроводов и пайка сотовых панелей. По каждому из этих направлений работы выполнялись комплексно с привлечением ведущих институтов авиационной промышленности – ВИАМ, НИАТ, НИИСУ и многих предприятий авиационной и металлургической промышленности [1].

Монтажные механические соединения на самолетах выполняются с помощью втулок с резьбовыми соединениями. Для создания необходимой герметизации труб в местах контакта труб с втулками при выполнении соединения необходимо обеспечивать пластическую деформацию материала труб. Поэтому втулки имеют толщину стенок, существенно превышающую толщину стенок труб, чтобы не происходило срезание резьбы при монтаже соединения, что приводит к увеличению его массы. При использовании резьбовых соединений в процессе эксплуатации натяг в резьбе ослабевает, поэтому периодический контроль таких соединений и при необходимости дополнительная герметизация соединений. Усталостная прочность резьбовых соединений понижена из-за контактных напряжений в месте заделки трубы во втулку. При создании конструкций летательных аппаратов возникают потребности в монтажных соединениях в таких местах, где затруднен контроль соединений в процессе эксплуатации. Поэтому потребность в неразъемных, надежных соединениях существует постоянно. Например, в соединениях трубопроводов, проходящих через закрытые полости типа топливных баков.

Для изделий авиационной техники металлургическими заводами было освоено изготовление стальных трубопроводов из сплавов 12Х18Н9Т и ВНС-2, титановых трубопроводов – из сплава 7 [2]. При пайке соединения трубопроводов выполнялись через муфты, имеющие толщину стенок немного более толщины стенок трубопроводов.

Поэтому масса паяного соединения по сравнению с резьбовым соединением была в десятки раз меньше. Эти муфты имели внутри пазы для укладки припоя. Ввиду того, что пайка производилась внутри изделия и соединяемые трубопроводы находились недалеко друг от друга и от деталей внутреннего набора изделия, выбор источника нагрева имел большое значение. Должен был быть исключен в процессе пайки нагрев соседних с местом пайки деталей, и применение открытого пламени было невозможно. Поэтому для монтажной пайки был выбран индукционный нагрев. Для передачи энергии от стационарных установок в любое место изделия, где производилась пайка, использовались коаксиальные гибкие кабели. Для защиты от окисления припоев и соединяемых деталей при пайке нагрев выполнялся в среде аргона. Причем аргон подавался как внутрь трубопровода, так и в специальный разрезной контейнер, в котором находилась нагреваемая муфта с припоем. Был разработан гибкий индуктор, который наматывался на контейнер. Контроль температуры в процессе нагрева осуществлялся специальными датчиками. Стальные трубопроводы изготавливались из сталей 12Х18Н9Т и ВНС-2, титановые трубопроводы – из сплава 7. Для пайки стальных трубопроводов был выбран припой ВПр4 на никель-медь-марганцевой основе [3], для титановых – припой на титановой основе ВПр16 [4]. Припой ВПр4 использовался в виде ленты толщиной 0,3 мм, из которой нарезались полоски шириной 4 мм, которые укладывались в пазы муфт. Порошок припоя ВПр16 в виде пасты со связкой на основе акриловой смолы размещался в пазы муфт и спекался внутри пазов для удаления этой связки. Были разработаны технологии пайки труб различного диаметра, включая технологии пайки в условиях ремонта. Установлены эталоны на структуру соединений и регламентированы определенные параметры такой структуры, например, на величину эрозии припоем стенок труб, количе-

ство, места расположения и размеры непропаев. Определены усталостные характеристики паяных соединений труб различного диаметра при различных особенностях конструкций муфт и различных видах нагружения соединений. Установлено, что длительная прочность паяных соединений превышает длительную прочность резьбовых соединений, а также сварных соединений труб. Были применены припои ВПр4 [3] и ВПр16 [4] при монтажной пайке стальных и титановых самолетных трубопроводов, что увеличило в 1,5–2 раза длительную прочность и способствовало существенному снижению массы и повышению надежности изделий.

Разработанные технологии в настоящее время внедрены при изготовлении самолетов семейства Су («Сухой»).

Другим направлением, по которому интенсивно велись работы, были исследования по созданию паяных сотовых панелей. Эти исследования выполнялись в основном в КБ «Молния» с привлечением институтов авиационной промышленности – ВИАМ, НИАТ, ЦАГИ. В зависимости от условий работы для изготовления этих панелей выбирались основные материалы обшивок и сотовых наполнителей, из которых изготавливались эти панели – стальные из стали СН4, титановые из сплавов ОТ4, ВТ1, ВТ6 и ВТ6пс, ВТ15, ВТ20 и ВТ23, а также из никелевых жаропрочных сплавов ЭИ435 и ВЖ98. Для каждого сочетания материалов панели – обшивок и сотового наполнителя – были определены припои. Специально для пайки стальных сотовых панелей разработан припой

ВПр13 [5], и организовано его производство. Для пайки титановых сотовых панелей разработан припой ВПр15 [6], и впервые освоено производство припоев на титановой основе ВПр16 и ВПр28 в виде аморфных лент, а для панелей на основе никелевых жаропрочных сплавов – аморфных лент припоев на никелевой основе ВПр27 [7] и ВПр42 [8]. Освоено изготовление панелей для всех вышеперечисленных основных материалов. Одновременно решалось большое количество сложных вопросов по определению прочностных свойств образцов панелей, контролю качества этих панелей, условиям крепления их в конструкцию летательного аппарата, увеличению размеров панелей, возможности правки и деформации панелей и изготовления панелей сложной геометрической формы [9–11]. Эти панели использовались в некоторых частях изделия «Буран». Рабочая температура этих панелей в зависимости от выбранных основных материалов составляла от 300 до 1000°C. Применение паяных сотовых панелей по сравнению со стрингерными панелями позволило существенно снизить массу конструкций по сравнению со стрингерными конструкциями.

К сожалению, участки по изготовлению этих панелей в настоящее время ликвидированы. При необходимости технологию изготовления панелей придется создавать заново [12, 13]. Наиболее перспективно использование таких панелей применительно к конструкциям для шумопоглощения, особенно там, где рабочие температуры превышают 200°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехи для «Бурана». Материалы и технологии ВИАМ для МКС «Энергия–Буран» /Под общ. ред. акад. РАН Е.Н. Каблова. М.: Фонд «Наука и жизнь». 2013. 128 с.
2. История авиационного материаловедения: ВИАМ – 75 лет поиска, творчества, открытий /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: Наука. 2007. 224 с.
3. Припой на основе меди: пат. 2273556 Рос. Федерация.
4. Припой ВПр16: а.с. 862484.
5. Припой ВПр13: а.с. 275695.
6. Припой ВПр15 а.с. 313631.
7. Припой на основе никеля: пат. 2334606 Рос. Федерация.
8. Пат. 24143 Рос. Федерация.
9. Шалунов С.А., Гофин М.Я. Развитие технологии пайки сотовых панелей /Пайка в машиностроении: Всесоюзная научно-техническая конференция. Тольятти. 1991. С.13.
10. Широких Д.П., Шалунов С.А. К вопросу несущей способности трехслойных паяных сотовых панелей из жаропрочных сплавов /Пайка в машиностроении: Всесоюзная научно-техническая конференция. Тольятти. 1991. С.14.
11. Байчер Л.И., Шалунов С.А., Широких Д.П. Некоторые особенности пайки сотовых панелей из нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов /Пайка в машиностроении: Всесоюзная научно-техническая конференция. Тольятти. 1991. С.16.
12. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. 7–17.
13. Оспенникова О.Г. Стратегия развития жаропрочных сплавов и сталей специального назначения, защитных и теплозащитных покрытий //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 19–36.