

ВЗАИМОДЕЙСТВІЕ НЕРЖАВЕЮЩЕЇ СТАЛИ І АЛЮМИНІЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ

© С. И. Мамчур, О. М. Шаповалова, Е. А. Джур

Дніпропетровський національний університет

Розглянуто процеси взаємодії елементів при зварюванні вибухом. Вивчено властивості зони з'єднання металічних сплавів.

Для ракетостроения актуальным является получение неразъемных соединений элементов конструкций требуемого качества. Предъявляемые к ним требования сводятся к следующему: 1) в зоне контакта по соединяемым поверхностям необходима однородность структуры и свойств; 2) зонастыка элементов конструкции должна быть герметична; 3) сварное соединение должно иметь хорошие показатели на отрыв.

Для соединения стального отсека с алюминиевым корпусом применялись крупногабаритные биметаллические кольца из нержавеющей стали 12Х18Н10Т и алюминиевого сплава Амгб, состав которых приведен в табл. 1.

Способ соединения этих материалов должен обеспечить требуемые свойства и качество, что, учитывая крупногабаритность изделий является сложной задачей.

Широко применяемые в ракетостроении способы диффузационной сварки в вакууме и трения в данном случае не реализуются по следующим причинам: 1) размеры колец являются крупногабаритными; 2) физико-механические свойства стали и алюминия значительно различаются, что затрудняет выбор температуры нагрева при сварке.

Для получения неразъемного соединения из нержавеющей стали и алюминиевого сплава была исследована возможность применения сварки взрывом. Основным препятствием для получения качественного сварного соединения стали 12Х18Н10Т и

сплава Амгб является химическое взаимодействие железа и алюминия, в результате которого в зоне контакта образуются интерметаллические соединения. Из диаграммы состояния Al-Fe следует, что они практически не обладают растворимостью: 0.05 % железа растворяется в алюминии при эвтектической температуре 654 °C, и 32 % алюминия растворяется в железе. При содержании до 18 % железа при температуре 654 °C образуется эвтектика Al + FeAl₃. При дальнейшем увеличении содержания железа имеют место химические соединения следующего состава: Fe₂Al₇ (67 % Al); FeAl₃ (60 % Al); Fe₂Al₅ (55 % Al); FeAl₂ (50 % Al); FeAl (33 % Al).

Прочность сварного соединения тем выше, чем меньше толщина слоя интерметаллического соединения, которое обладает повышенной хрупкостью и твердостью. Поэтому для сварки взрывом стали 12Х18Н10Т и сплава Амгб необходимо применение промежуточного слоя пластичного металла. В качестве такого слоя был исследован алюминий ФД1, который хорошо сваривается со сталью и сплавом Фмгб, является пластичным и не вносит новых элементов, отсутствующих в сплаве Амгб. Химический состав сплава АД1 приведен в табл. 2.

Толщина слоя АД1 из-за его низких прочностных свойств должна исключать линейные прогибы и вмятины, которые приводят к разной по качеству сварке слоев по всей площади кольца. Оптимальной была выбрана толщина 3 мм. Технологическая схема получения сварного кольца заключалась в следующем: 1) проводилась сварка колец 12Х18Н10Т-АД1; 2) полученная биметаллическая

Таблица 1. Химический состав сплавов АД1 и 12Х18Н10Т

Сплав	Химический состав, % мас					
	Al	Mn	Si	Fe	Mg	
Амгб	93.48	0.50	0.10	0.12	5.80	
12Х18Н10Т	C	Mn	Cr	Ni	Ti	Fe
	0.12	2	18	11	0.08	68.8

Таблица 2. Химический состав сплава АД1

Сплав	Химический состав, % мас.					
	Al	Fe	Si	Cu	Mg	Zn
АД1	99.4	0.20	0.20	0.05	0.05	0.10

заготовка сваривалась со сплавом Амгб. Перед сваркой поверхности элементов изделий из Амгб, АД1 и 12Х18Н10Т специально подготавливали. Для этого проводили: 1) отжиг при температуре 320 °С в течение двух часов для снятия микронапряжений; 2) правку поверхности; 3) механическую проточку поверхностей под сварку взрывом; 4) травление наружных поверхностей. Параметры сварки отрабатывались опытным путем для каждой пары.

Металлографические и рентгеноструктурные исследования позволили установить, что граница соединения 12Х18Н10Т-АД1 представляет собой твердые растворы на основе железа и алюминия и фазы FeAl₃ и Fe₂ Al₅. Напряжение на отрыв составило 120 МПа.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что при сварке взрывом на оптимальных режимах в зоне контакта соединения 12Х18Н10Т-АД1 образуется промежуточный слой

без типичных признаков интерметаллических соединений. Граница раздела имеет ровный характер почти по всей протяженности. Микроструктурные исследования границы сварки Амгб-АД1 показали, что в отличие от предыдущей пары, она имеет волнобразный характер с симметричными волнами без завихрений. Это объясняется тем, что сплавы АД1 и Амгб имеют близкие физико-химические свойства. Проведенные исследования позволили выбрать оптимальные параметры сварки и получить неразъемное соединение требуемого качества.

THE INTERACTION OF STAINLESS STEEL AND ALUMINIUM ALLOYS IN WELDING FUSE

S. I. Matchur, O. M. Shapovalova, E. A. Dzhur

We discuss the interaction between elements in welding fuse. We studied properties of the zone of the combination of metallic alloys.

УДК 621.382:621.383

МОДУЛЬ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

© И. Т. Тымчук

Державне підприємство Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування.

Розглянута конструкція і основні параметри та характеристики модуля фотоперетворювачів для сонячних батарей космічних апаратів.

В последнее время в конструкции солнечных батарей (СБ) широкое распространение получил модульный подход [5]. При модульной конструкции солнечной батареи повышается надежность батареи, создаются обходные параллельные цепи для прохождения тока при отказе типа «обрыв», происходящего у одного или нескольких фотопреобразователей (ФП) вследствие механического повреждения, отслоения контактов или неисправности в межэлементных соединениях. Модуль представляет собой законченный унифицированный конструктивный узел, что обеспечивает простоту сборки СБ [3] и позволяет автоматизировать процесс сварки проводников и контактных площадок фотопреобразователей. Целью работ, проводимых в Государственном предприятии Научно-исследовательский технологический институт приборостроения (ГП НИТИП, г. Харьков), является разработка конструкции и технологии изготовления модулей ФП на основе алюминий-полиимидного носителя для сол-

нечных батарей нового поколения космических аппаратов (КА) разработки Государственного конструкторского бюро «Южное» (г. Днепропетровск).

Материал алюминий-полиимидного носителя представляет собой фольгированный диэлектрик ФДИ-А50, состоящий из слоя диэлектрика (полиимид) толщиной 20 мкм и слоя проводника (алюминий) толщиной 30 мкм. Фольгированный диэлектрик ФДИ-А50 был выбран в качестве материала носителя благодаря следующим его свойствам: высокая радиационная стойкость, размерная стабильность, широкий диапазон рабочих температур, стабильность электрических характеристик, технологичность, стойкость к металлизации и травлению [2, 3, 6]. Кроме этого алюминий имеет малую плотность и успешно используется для присоединения навесных компонентов и внешних контактов ультразвуковой (УЗ) сваркой [5].

При разработке конструкции модуля на основе алюминий-полиимидного носителя было предложе-