

Рис. 1. Графики изменения коэффициента наследования K_H остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя h заготовок из титанового сплава: 1 – VT3-1; 2 – VT9

Разработаны новые способы комбинированной обработки для формирования заданного уровня ТОН и фазового состава поверхностного слоя заготовок с использованием энергии УЗ поля. УЗ релаксация с использованием полосового твёрдосплавного индентора позволяет эффективно снижать абсолютную величину ТОН в ПС заготовок из различных материалов за достаточно короткое время (до 250 МПа за 1 мин обработки).

УДК 621.791.72

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТИТАНОВЫХ ШАРОБАЛЛОНОВ

©2016 А.В. Гребенщиков, А.И. Портных, М.В. Ерёмин, Л.П. Шуваева

Воронежский механический завод - филиал федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-производственный центр имени М.В. Хруничева»

THE USE OF ELECTRONIC-BEAM WELDING IN THE MANUFACTURE OF TITANIUM SPHERICAL BALLON

Grebenshikov A.V., Portnykh A.I., Eremin M.V., Shuvaeva L.P. (Voronezh Mechanical Plant – branch of Federal State Unitary Enterprise “Khronichev Space Research and Production Space Center”, Voronezh, Russian Federation)

The paper presents the results of the macrostructure and mechanical properties of welded joints made of titanium alloy VT6C, VT14C, the possibility of performing electron beam welding of titanium alloys with a smooth formation of the root bead. Has been shown the results of using proven technology for specific details.

Высокая коррозионная стойкость и удельная прочность титановых сплавов в условиях криогенных температур обеспечивает его широкое использование в авиационно-космической технике. Однако титановые сплавы имеют и ряд недостатков: способность при повышенных температурах поглощать газы (O_2 , N_2 , H_2), склонность к укрупнению зерна в металле шва и ЗТВ, чувствительность к термическим циклам, оказывающих негативное влияние на его свойства. Необходимость уменьшения воздействия от вредных факторов накладывает определённые требования к сварке титана и его сплавов.

Целью работы является оценка возможности электронно-лучевой сварки (ЭЛС) титановых сплавов VT6C и VT14C с обеспе-

чением плавного формирования корневого валика (проплава) и обеспечения требуемых механических свойств.

Хорошее формирование шва при ЭЛС возможно при выполнении в нижнем положении на весу со сквозным проплавлением. Однако для ответственных изделий рекомендуется выполнять сварку на подкладном элементе [1].

Выполнение кольцевых сварных швов в составе шаробаллона исключает возможность применения подкладного элемента, а сварка на режиме сквозного проплавления требует обеспечения защиты остальных частей сборочной единицы от прошедшего сквозь стык луча. Для данного изделия обеспечение защиты луча, прошедшего сквозь

стык, за счёт экранирования затруднено (практически невозможно).

Принципиальная технология ЭЛС отработывалась на плоских моделях сварных соединений титановых сплавов с толщиной от 3 до 10 мм. Оптимальное поперечное сечение сварного шва должно обеспечивать формирование проплава и усиления с плавным переходом к поверхности основного материала.

Сварка образцов выполнялась на скоростях от 5 мм/сек до 15 мм/сек. Получение плавного формирования корневого валика и усиления обеспечивалось за счёт подбора оптимального тока фокусировки и скорости сварки.

Конструктивно сварные соединения, применяемые при изготовлении титановых шаробаллонов, можно разделить на 3 группы:

- кольцевые сварные швы приварки штуцеров диаметром от 20 до 40 мм с толщиной 3 мм;
- круговые сварные швы приварки фланцев диаметром от 90 до 150 мм, толщиной от 5 до 10 мм;
- кольцевые швы сварки полусфер диаметром от 350 мм до 630 мм и толщиной от 5 до 10 мм.

Для всех групп сварных соединений были предусмотрены индивидуальные конструкции питающих буртов.

Сварка соединений для первой группы швов выполнялась со скоростью до 5 мм/сек, с использованием перефокусированного электронного луча и подбором оптимального диаметра кольцевой развертки пучка электронов на частоте 800 Гц.

При отработке технологии сварки фланцев с полусферами использовались более жёсткие режимы для исключения перегрева околошовной зоны и снижения деформации. Доступность обратной стороны шва позволяет выполнять сварку сквозным проплавлением, при этом выбор оптимальной фокусировки луча обеспечивает минимальное разбрызгивание металла шва и удовлетворительное формирование усиления и проплава (рис. 1).

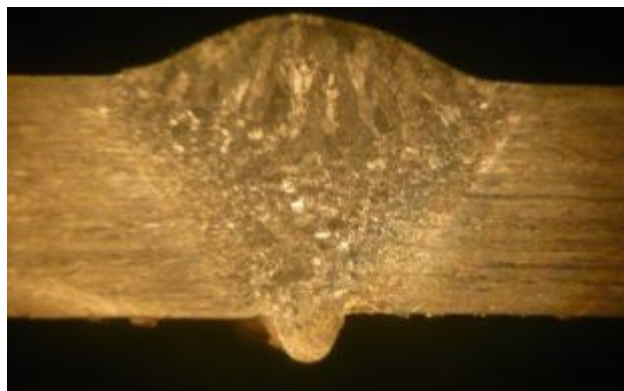


Рис. 1. Микрошлиф сварного шва приварки фланца. Материал VT6C (×5)

Сварка экваториальных швов шаробаллонов выполнялась на скоростях 13-17 мм/сек расфокусированным лучом для обеспечения плавного формирования обратного валика и исключения образования брызг (рис. 2).

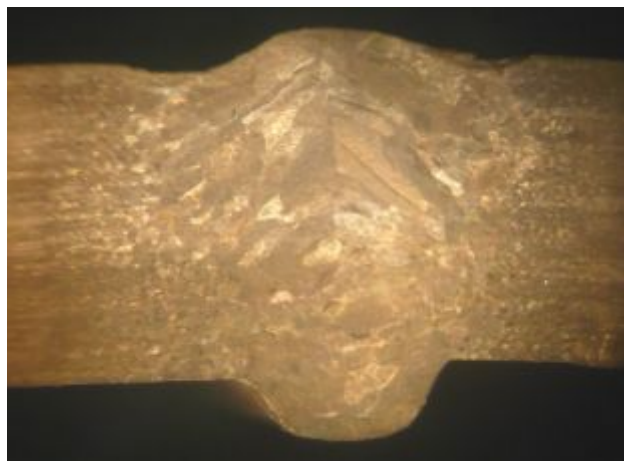


Рис. 2. Макрошлиф экваториального сварного шва. Материал VT14C (×5)

При этом для каждого материала и группы образцов разработаны индивидуальные конструкции свариваемых кромок и технология выполнения сварных и косметических проходов.

Качество сварных соединений подтверждалось механическими испытаниями образцов при температуре 20° С и -196° С. Также выполнены натурные испытания изделий подтвердившие требуемые прочностные характеристики.

Результаты проведённых работ могут быть использованы при конструировании и изготовлении титановых шаробаллонов для различных летательных аппаратов.

Библиографический список

1. Назаренко О.К., Кайдалов А.А., Ковбасенко С.Н. и др.; Под редакцией Б. Е. Патона. Электронно-лучевая сварка // Киев: Наукова думка, 1987. - 256 с.
2. Глазов С.И., Люшинский А.В., Магнитов В.С., Обознов В.В., Чуклинов С.В., Основы технологии электронно-лучевой и

диффузионной сварки. // Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2001. -288с.

3. Шилов Г.А., Акопьянц К.С., Касаткин О.Г. Влияние частоты и диаметра круговой развёртки электронного луча на проплавление металла при ЭЛС. // Автоматическая сварка. 1983. -№8. – С. 25-28.

УДК 621.43-224.3

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ КАМЕР СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 А.М. Ланский, С.В. Лукачёв, О.В. Коломзаров

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

STATISTIC DEPENDENCE OF GTE COMBUSTION CHAMBER PARAMETERS

Lansky A.M., Lukachev S.V., Kolomzarov O.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

This work is dedicated to the processing of statistical data of geometric parameters and integral characteristics of the GTE combustion chambers. Complex correlation functions have been obtained by methods of mathematical statistics. Correlation functions describe the structural and geometrical sizes, operating parameters of the primary zone and integral characteristics of the combustion chamber such as: flame tube volume (V_{FT}), the relative length of flame tube (L_{FT}/V_{FT}), nozzles relative pitch (t_N), combustion efficiency (η_G), residence time (τ_d), forcing coefficient (K_V), thermal factor (Q_{VP}) and the relative area of internal and external channels. Values that has been mentioned above depend on consumable complex (G_{CC}).

Разработка эскизного проекта камер сгорания (КС) малоразмерных газотурбинных двигателей (МГТД) – это непродолжительный, но довольно важный по принимаемым решениям элемент жизненного цикла двигателя. В результате эскизного проектирования формируется необходимая информация как по камере сгорания в целом, так и по всем её элементам. Это предопределяет облик КС и особенности её конструктивного исполнения. Важным и наименее изученным этапом этого процесса является выбор конструктивно-геометрических размеров и оценка интегральных характеристик КС МГТД с учётом совместной работой узлов турбокомпрессора.

В работе представлены результаты обработки статистических данных геометрических параметров и интегральных характеристик КС выполненных ГТД. Используя методы математической статистики был получен комплекс корреляционно-регрессионных зависимостей, описывающих конструктивно-

геометрические размеры, режимные параметры первичной зоны и интегральные характеристики КС, такие как объём жаровой трубы ($V_{жт}$), относительная длина жаровой трубы ($L_{жт}/H_{жт}$), относительный шаг форсунок ($t_{ф}$), коэффициент полноты сгорания топлива ($\eta_{г}$), время пребывания ($\tau_{п}$), коэффициент форсирования (K_V), объёмная теплонапряжённость (Q_{VP}) и относительные площади наружного и внутреннего каналов, параметры приведены в зависимости от расходного комплекса ($G_{рк}$).

Для оценки адекватности полученных корреляционно-регрессионных зависимостей использовались коэффициент детерминации (R^2) и критерий Фишера (F).

Приведённые статистические данные и полученные корреляционно-регрессионные зависимости, описывающие изменение конструктивно-геометрических размеров и интегральных параметров КС, являются важным инструментом для эскизного проектирования камер сгорания ГТД.