

УДК 621.791

**РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ДУГОВОЙ СВАРКИ В ВАКУУМЕ ТИТАНОВОГО ШАРОБАЛЛОНА**

Акбаров Азимжон Яхёевич

*Студент 2 курса магистратуры,**Кафедра «Технологии сварки и диагностики»**Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана**Научный руководитель: В. М. Неровный,**доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Существует три основных способа сварки титановых шаробаллонов:

1) Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом; 2) Дуговая сварка с полым катодом в вакууме (ДРПК); 3) Электронно-лучевая сварка (ЭЛС).

Проанализировав и рассмотрев все недостатки и преимущества данных способов сварки, наиболее оптимальным оказался способ сварки ДРПК в вакууме.

Сущность данного способа в том, что сварка производится в вакууме  $10^{-2}$  Па, а для образования сварочной дуги используется специальный вольфрамовый полый электрод, имеющий калиброванное отверстие  $\varnothing 1,6...2,5$  мм, с подачей через него плазмообразующего газа аргона высшего сорта порядка 1,0–2,0 мг/с. При этом образуется контрагированный столб, обладающий высокой направленностью, позволяющий сваривать (проплавлять) титановые сплавы за один проход на весу толщиной до 16–20 мм. В результате получаем высокое качество защиты сварного шва, экономию аргона при скорости сварки порядка 20–36 м/ч [1].

Построение математических моделей (ММ) для процессов сварки, основанных на тепловой модели и статической обработке экспериментальных данных, позволяет определять параметры зоны проплавления при сварке.

Для расчетной оценки тепловых параметров источника энергии, была решена краевая задача теплопроводности методом функции Грина с использованием математического пакета MathCAD 15 [3,4].

Для моделирования тепловых процессов при сварке ДРПК были приняты следующие условия:

1. Выбрана схема – бесконечная пластина толщиной  $L$ , у которой температура точек тела по толщине неравномерна:

$$-\infty < x < +\infty, -\infty < y < +\infty, 0 \leq z \leq L;$$

2. Граничные условия смешанного типа:

- по осям  $x$  и  $y$  граничные условия первого рода равны 0;

- по оси  $z$  граничные условия второго рода равны 0;

$$\frac{\partial T}{\partial z}(x, y, 0, t) = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial z}(x, y, L, t) = 0$$

3. Теплофизические характеристики титанового сплава ВТ6С –  $c, \lambda, \rho, a$  (при температуре 700 °С, для упрощения расчета принимаем их постоянными);

4. Температура в начальный момент времени равна 0.

5. Источник теплоты – непрерывно действующий комбинированный источник, линейный по глубине (ось  $Z$ ) и круговой нормально-распределенный на поверхности, введенный в начале координат и действующий в течение определённого отрезка времени.

Определены размеры сварочной ванны при температуре плавления титанового сплава ВТ6С (1668 °С), используемого для изготовления титановых шаробаллонов и построены распределение температур в плоскостях X-Y и Y-Z. Исходя из требуемых геометрических размеров сварного шва выбраны требуемые тепловые характеристики источника нагрева.

Для определения необходимых сварочных параметров был задан интервал скоростей сварки  $V = 20-36$  м/ч. Это обусловлено, с одной стороны, условием минимальной интенсивности гидродинамических возмущений в ванне, а с другой, условием минимальной ширины шва для снижения деформаций, повышения трещиностойкости, сохранения концентрации легкоиспаряющихся легирующих элементов в металле шва.

Для подбора наиболее подходящего значения эффективной тепловой мощности был задан интервал:  $q = 5000-7000$  Вт.

Были взяты следующие значения диаметра пятна нагрева:  $d = 5-6$  мм. Исходя из диаметра пятна нагрева определялся коэффициент сосредоточенности источника. Это обусловлено тем, что при ДРПК следует учитывать соотношение необходимой площади нагрева с плотностью мощности, требуемой для получения заданной глубины проплавления. На основании полученных тепловых параметров источника и геометрических параметров проплавления (глубина и ширина шва) выбраны требуемые параметры режима сварки ДРПК (таблица 1).

Таблица 1. Ориентировочные параметры сварки ДРПК в режиме сквозного проплавления Ti-сплавов и геометрические размеры сварных швов.

Толщина детали $H$ , мм	Ток, А	Напряжение $U$ , В	Скорость сварки $V$ , см/с	Ширина проплавления $B$ , см	Ширина обр. валика, см	Высота обр. валика, см
8,0	240-250	22-23	0,9-1,0	0,7-0,8	0,5-0,6	0,05
12	300-310	24-25	0,8-0,9	0,7-0,8	0,5-0,6	0,08

Примечание: диаметр полости катода  $d_k = 0,3$  см, подача плазмообразующего газа аргона  $G = 1,1$  мг/с, длина дугового промежутка  $L = 1,2$  см.

Данная расчетная модель способствует существенному сокращению затрат на экспериментальную отработку параметров режима дуговой сварки в вакууме титановых сплавов.

## Литература

- Неровный В. М., Ямпольский В. М. Сварочные дуговые процессы в вакууме. -М.: Машиностроение. 2002.-264 с.
- Неровный В.М. Расчет параметров режимов при сварке высококонцентрированными источниками энергии. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 24 с.
- Ольшанская Т.В., Федосеева Е.М., Колева Е.Г. Построение тепловых моделей при электронно-лучевой сварке методом функций Грина // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2017. №3.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-teplovyyh-modeley-pri-elektronno-luchevoy-svarke-metodom-funktsiy-grina> (дата обращения: 28.02.2022).
- Язовских В.М. Математическое моделирование и инженерные методы расчета в сварке. В 2 ч. Ч. 2. Тепловые процессы при сварке и моделирование в пакете MathCad / В.М.Язовских. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 119 с.