

УДК 621.791.317.5

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАЙКИ ДУГОВЫМ РАЗРЯДОМ В ВАКУУМЕ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ БАНДАЖНЫХ ПОЛОК ЛОПАТОК

Воробьев Дариан Сергеевич

Студент 6 курса,

кафедра «Технологии сварки и диагностики»

Московский государственный технический университет

Научный руководитель: В.М. Неровный,

доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики»

Для упрочнения развитых контактных поверхностей бандажных полок лопаток судовых газотурбинных двигателей выбран способ высокотемпературной пайки сканирующим дуговым разрядом с полым катодом (ДРПК) в вакууме. Сканирование столба ДРПК в контрагированной форме по одной или двум ортогональным координатам позволяет получать площадь зоны нагрева до 40 см² до требуемых температур пайки с управлением ее конфигурацией[1].

На первом этапе были проведены расчеты температурных полей на базе теории тепловых процессов при сварке с учетом сканируемого по поверхности нормально-кругового источника теплоты [2]. Были приняты следующие условия:

- 1) Бандажная полка принималась за бесконечный плоский слой;
- 2) Теплофизические коэффициенты были выбраны для сплава ЭП539ЛМУ при среднем значении температуры. Для жаропрочных никелевых сплавов они соответствовали температуре нагрева $T_{cp}=600^{\circ}C$;
- 3) Начальное распределение температуры в изделии равномерное: при $t=0$ $T=T_0$.
- 4) Колебательное перемещение пятна нагрева при расчете принято по синусоидальному закону.

Расчет тепловых процессов проводили с использованием программного пакета MATLAB. Расчеты позволили определить минимальную частоту колебаний источника теплоты, при которой зона нагрева достигала температуры пайки порядка 1170-1200 °С и переходила в квазистационарное состояние [3].

Расчет температурного поля при нагреве плоского слоя нормально-полосовым источником позволил установить зависимости толщины прогреваемого плоского слоя до температур пайки от эффективной мощности, коэффициента сосредоточенности источника, его частоты колебания и амплитуды. Расчеты проводили как для однокоординатного, так и двух координатного сканирования пятна нагрева источника теплоты по поверхности плоского слоя. В случае двух координатного сканирования большое значение для равномерности распределения температур по зоне нагрева имеет выявление оптимального соотношения частот сканирования по оси X и Y источника нагрева.

Исследования показали, что линейное сканирование столба ДРПК с частотой порядка 30-36 Гц в контрагированной форме вдоль паяемого соединения на токах 60-80 А и длине дугового промежутка 4,0-5,0 см позволяет прогреть его на всю глубину на лопатках толщиной полки до 0,5 см при длине соединения до 7-8 толщин. Двух координатное сканирование столба ДРПК с частотой по оси X - 34 Гц, по Y - 33 Гц в диапазоне токов от 60 до 100 А по двум координатам позволяет получать зону нагрева площадью 4-40 см² и более практически с равномерным распределением по ней

плотности мощности, величина которой может изменяться в пределах 20-500 Вт/см². При этом подача аргона через полость катода $G = 1,5$ мг/с.

Таким образом, сканирование столба ДРПК в контрагированной форме по одной или двум ортогональным координатам позволяет увеличить площадь зоны нагрева до требуемых температур с управлением ее конфигурацией и в результате этого существенно расширить возможности его применения для упрочнения контактных поверхностей лопаток широкой номенклатуры высокотемпературной пайкой в вакууме.

Литература

1. Неровный В.М., Ямпольский В.М. Сварочные дуговые процессы в вакууме. – М.: Машиностроение. 2002. -264 с.
2. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / А.В. Коновалов [и др.]; Под ред. В.М. Неровного. –2-е изд. перераб. и доп. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 702 с.
3. Справочник по пайке. Под ред. И.Е.Петрунина. М.: Машиностроение, 2003.-456 с.