

МНОГОФАКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ МИКРОСВАРКЕ

Ключевые слова: контактная точечная микросварка, циркониевый сплав, стабилизация контактных сопротивлений.

Известно, что качество соединений, выполненных контактной точечной сваркой, во многом определяется стабильностью тепловыделения Q в контакте деталей в соответствии с законом Джоуля – Ленца:

$$Q = \int_0^{\tau} I^2(t) \cdot r(t) dt,$$

где I – сварочный ток, А; r – сопротивление участка электрод – электрод, Ом; t – время, с; τ – длительность импульса, мс.

К настоящему времени опубликовано множество результатов исследований по оптимизации параметров режима контактной точечной сварки деталей малых толщин, основанных на статистических методах планирования эксперимента. Однако все они применимы исключительно для конкретных задач и не всегда обеспечивают стабильное формирование соединения. Замена конденсаторных машин контактной сварки на современные источники питания с программным управлением, позволяющие задавать необходимые амплитудно-временные параметры (АВП) сварочного тока, расширяет возможности стабилизации контактных сопротивлений путем применения наиболее рационального подогревающего импульса. При этом в литературных источниках отсутствуют четкие рекомендации по алгоритму его изменения, а также обоснования комбинаций геометрических параметров рабочей поверхности и усилия сжатия электродов. В связи с этим существует необходимость экспериментальных исследований по поиску оптимальных комбинаций перечисленных параметров режима для максимальной стабилизации тепловыделения и, соответственно, формирования литого ядра с требуемыми параметрами.

Настоящая работа посвящена определению зависимости разброса значений сопротивления между электродами от параметров подогревающего этапа при оптимизации технологии сварки тонкостенных деталей. В качестве варьируемых параметров выбраны алгоритм модуляции сварочного тока, ра-

диус сферы рабочей поверхности электродов и усилие их сжатия. Исследования проводили на модельных образцах из циркониевого сплава Э110 толщиной 0,25 мм разных партий поставки. Перед экспериментом поверхности деталей обезжировали. Использовали специализированный сварочный комплекс на базе источника питания ИПТКМ-10 и механизма сжатия МТТ-022. Регистрацию сварочного тока и напряжения между электродами осуществляли с помощью цифрового осциллографа RIGOL MSO 1074. Применяли электроды из сплава БрХЦР со сферической рабочей поверхностью (значения радиуса сферы и усилия сжатия представлены в таблице 1). Длительность подогревающего импульса тока во всех случаях задавали постоянной (3,5 мс), модуляцию осуществляли по четырем алгоритмам, представленным на рис. 1. Опыты проводили по 10 раз для каждой комбинации параметров. Сопротивление участка электрод – электрод определяли путем обработки измеренных параметров сварочного тока и напряжения между электродами в конкретный момент времени по закону Ома. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью MS Excel и Statistica. Пример полученных статистических зависимостей разброса значений контактных сопротивлений от радиуса сферы рабочей поверхности и усилия сжатия электродов приведен на рис. 2.

Таблица 1

Значение усилия сжатия и радиуса сферы рабочей поверхности электрода

Усилие сжатия, Н	200			250			300			350			400		
Радиус сферы электрода, мм	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25

На основании анализа полученных результатов были сделаны следующие выводы:

1. Минимальный разброс значений сопротивлений между электродами наблюдается при радиусе сферы рабочей поверхности 20 мм.

2. Оптимальный диапазон усилия сжатия электродов при исследованных параметрах составляет 250–350 Н.

3. Наиболее эффективно стабилизация сопротивлений осуществлялась при использовании АВП подогревающего импульса тока на режимах I и III.

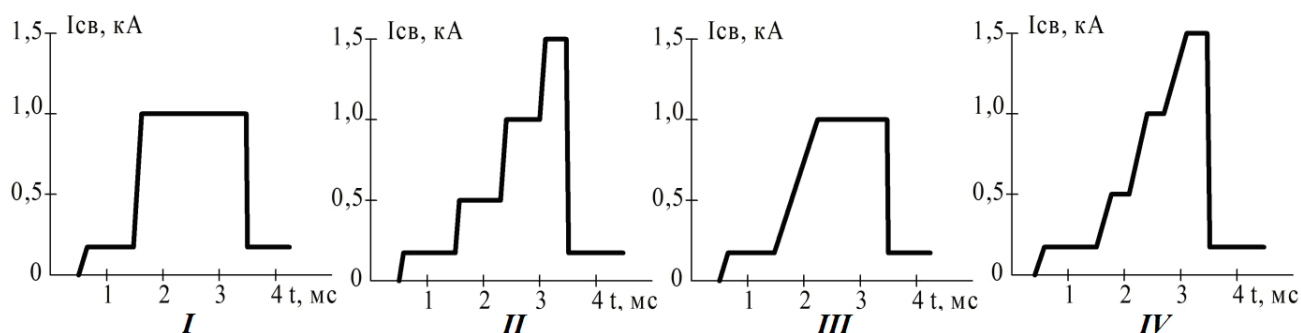


Рис. 1. Амплитудно-временные параметры подогревающих импульсов тока

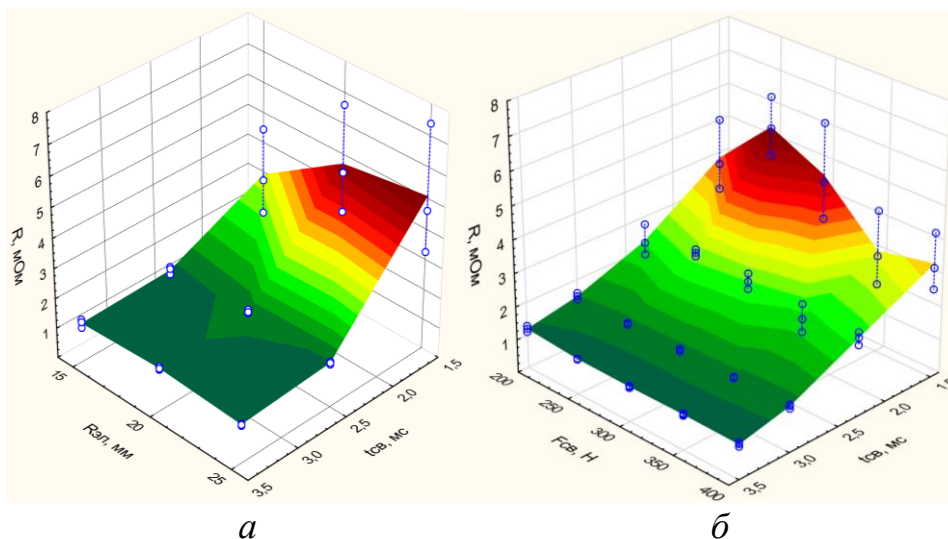


Рис. 2. Зависимость разброса значений контактных сопротивлений от:
a – радиуса сферы рабочей поверхности электродов при усилии сжатия 300 Н (режим III); *б* – усилия сжатия электродов при радиусе сферы рабочей поверхности 20 мм (режим II)

Перечисленные зависимости позволили определить наиболее рациональную комбинацию параметров, которые позволяют стабилизировать контактные сопротивления и будут использованы в дальнейших работах по оптимизации параметров контактной точечной микросварки двух- и многофазных сталей и сплавов.