

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ**Савина Евгения Георгиевна**

студент, Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва, РФ, г. Красноярск

Орешенко Татьяна Геннадьевна

научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва, РФ, г. Красноярск

Электронно-лучевая сварка — это метод соединения металлических деталей с помощью энергии, излучаемой электронным пучком. Использование электронного луча в качестве источника тепловой энергии выгодно благодаря его практически мгновенной реакции, обеспечивающей точный контроль над мощностью, фокусом и положением луча на поверхности объекта. Это позволяет быстро корректировать эти параметры, которые могут влиять на температуру и распределение тепловой энергии в сварочной ванне.

С развитием электронных систем управления лучом и программирования режимов сварки появились широкие возможности для совершенствования технологий электронно-лучевой сварки, предлагающие широкий спектр воздействия луча на поверхность обрабатываемой детали, например, многофокусную и многолучевую сварку, комбинированные методы сварки и многое другое. Импульсная модуляция тока электронного пучка приводит к изменению распределения удельной теплоемкости. Исследования показали, что для каждого металла существует определенный диапазон частот модуляции, который приводит к повышению эффективности процесса электронно-лучевой сварки, в частности, к увеличению глубины проплавления. Реализация импульсной модуляции мощности электронного пучка достигается путем подачи отрицательных импульсов на управляющий электрод триодной электронной пушки. Однако выбор подходящих параметров модуляции для конкретных режимов сварки и материалов оказался сложной задачей из-за отсутствия исчерпывающих данных о колебаниях пучка в канале плавления. Исследованы колебания фокальной плоскости луча вдоль вертикальной оси (динамическая фокусировка) и их влияние на формирование сварного соединения при электронно-лучевой сварке. Теоретическая оценка оптимальной частоты для динамической фокусировки определила диапазон от 1 до 200 Гц. Однако, поскольку подбор частоты сканирования фокуса для каждого конкретного случая сварки затруднен, было предложено увеличить частоту на один-два порядка для достижения эффекта, аналогичного параллельному электронному лучу. Однако колебания уровня фокусировки эквивалентны пульсациям ускоряющего напряжения, что приводит к разбрызгиванию металла и образованию подрезов. Колебания электронного луча по различным траекториям вблизи сварного соединения приводят к увеличению зоны воздействия луча. В результате при использовании сканирования пучком, имеющим постоянную удельную поверхностную мощность, изменяются мгновенное и усредненное распределения плотности мощности электронного пучка. Это влияет на гидродинамические процессы, повышает стабильность парогазового канала и изменяет конфигурацию сварочной ванны. При относительно низкой частоте сканирования парогазовый канал остается практически неизменным, но при более высоких частотах он расширяется. Такое изменение формы сварного шва приводит к меньшей восприимчивости к образованию трещин, корневых дефектов и протяженных полостей.

Наиболее часто используются продольные и поперечные траектории колебаний луча, X-образные, а также движение луча по эллипсу, дуге или окружности. Важным является

изучение колебаний электронного луча по х-образной траектории, которые представляют собой комбинацию продольных и поперечных колебаний. Применение этой траектории для перемещения луча при электронно-лучевой сварке позволяет гибко регулировать тепловое воздействие путем изменения угла между линиями, скорости движения и амплитуды отклонения луча. Использование х-образных колебаний позволяет сократить амплитуду пиков плавления при незначительном уменьшении их глубины.

В последние годы широко применяются методы многолучевой и многофокусной сварки с использованием "расщепления" луча на несколько тепловых источников. Это позволяет создавать несколько тепловых источников, вводящих тепло в различные зоны сварки, расположенные на некотором расстоянии друг от друга. Такой метод позволяет проводить сварку в нескольких зонах одновременно, а также сочетать сварку с термообработкой. Время воздействия луча выбирается таким образом, чтобы образовался парогазовый канал, который сохраняется благодаря высокой частоте сканирования. Таким образом, создается эффект многолучевой сварки.

Следовательно, теперь возможно использовать метод многолучевой сварки для изготовления изделий, где несколько сварных швов находятся на разных высотах. С использованием однолучевой сварки эти швы могут быть сварены по отдельности. Применение технологии с многофокусным лучом позволяет одновременно выполнить эти швы с оптимальным положением фокуса электронного луча.

Список литературы:

1. Гладков, Э. А, Автоматизация сварочных процессов: учебник / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский. — М.: Издательство МГТУ им. НЭ. Баумана, — 2017. — 421 с.
2. Назаренко, О.К. Электронно-лучевая сварка: Учебное пособие / О.К. Назаренко [и др.]; под ред. Б. Е. Патона - Киев: Наук. думка, 1987. - 256 с.
3. Ольшанский, Н.А. К особенностям электронно-лучевого нагрева при сварке. / Н.А. Ольшанский // Автоматическая сварка - 1962. - № 5. - С.