

УДК 621.791.92

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

В. П. Самусев, М. С. Захаренко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Лучевые методы сварки находят успешное применение в различных отраслях промышленности. Среди этих методов наибольшее распространение получила электронно-лучевая сварка (ЭЛС), позволяющая соединять за один проход металлы и сплавы толщиной от 0,1 до 400 мм. Электронно-лучевая сварка относится к методам сварки высококонцентрированными источниками энергии и обладает широкими технологическими возможностями. Малый объем литого металла и кратковременность теплового воздействия при ЭЛС обеспечивают незначительные термические деформации соединяемых деталей, во многих случаях не превышающие допусков на механическую обработку. Импульсный режим сварки, при котором тепло вложение дополнительно регулируется частотой и длительностью сварочных импульсов, широко применяется при сварке стыков, расположенных вблизи от спаев металла со стеклом или керамикой, при герметизации изделий электронной техники и приборостроительной промышленности, тепловыделяющих элементов реакторов и т. п. Отклонение потока электронов в магнитном или электрическом поле осуществляется практически безынерционно. Это дает возможность перемещать пучок по поверхности свариваемой детали с помощью электромагнитной отклоняющей системы по прямой линии, окружности, прямоугольнику или другому сложному контуру. При этом многие сварочные задачи могут решаться без перемещения пушки или обрабатываемого изделия и сравнительно легко программироваться [1].

Электронно-лучевая сварка рассматривается как наиболее перспективный способ соединения изделий из тугоплавких металлов; изделий из термически упроченных материалов, когда нежелательна, затруднена или невозможна последующая термообработка; изделий после завершающей механической обработки при необходимости обеспечения минимальных сварочных деформаций; ряда толстостенных и толстолистовых конструкций ответственного назначения [4].

При сварке электронным лучом проплавление принимает форму конуса (рис. 1). Плавление металла происходит на передней стенке кратера, а расплавляемый металл перемещается по боковым стенкам к задней стенке, где и кристаллизуется.

В статье [3] были выделены основные факторы проплавления во время электронно-лучевой сварке:

- давлением потока электронов;
- характером выделения теплоты в объеме твердого металла;
- реактивным давлением испаряющегося металла, вторичных и тепловых электронов;
- излучением.

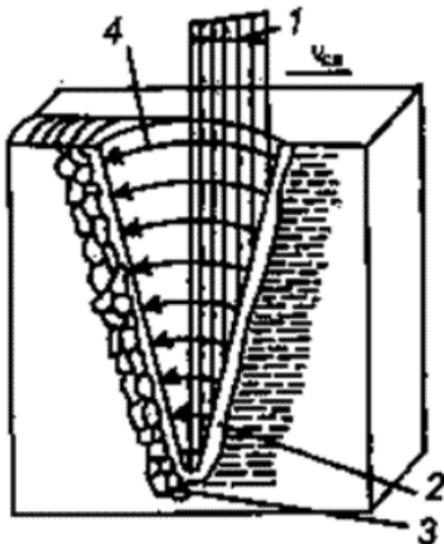


Рис. 1 – Схема переноса жидкого металла при электронно-лучевой сварке: 1 - электронный луч; 2 - передняя стенка кратера; 3 - зона кристаллизации; 4 - путь движения жидкого металла

Также можно проводить сварку непрерывным электронным лучом. Но при сварке легкоиспаряющихся металлов - например, алюминия или магния - эффективность электронного потока и количество выделяющейся в изделии теплоты уменьшаются из-за потери энергии на ионизацию паров металлов. Тогда лучше вести сварку импульсным электронным лучом с большой плотностью энергии и частотой импульсов 100... 500 Гц.

В результате глубина проплавления повышается. Правильная установка соотношения времени паузы и импульса позволяет сваривать очень тонкие листы. Теплоотвод во время пауз уменьшает протяженность зоны термического влияния. Однако при этом возможно образование подрезов, которые можно устранить сваркой колеблющимся или расфокусированным лучом [4].

По результатам работы [3] были выделены основные преимущества электронно-лучевой сварки: высокая концентрация ввода теплоты в изделие, малое количество вводимой теплоты, отсутствие насыщения расплавленного и нагретого металла газами. Рассмотрим каждое преимущество по отдельности.

Высокая концентрация ввода теплоты в изделие. Теплота выделяется не только на поверхности изделия, но и на некоторой глубине в объеме основного металла. Фокусировка электронного луча может создать пятно нагрева диаметром 0,0002... 5 мм - это позволяет за один проход сваривать металлы толщиной от десятых долей миллиметра до 200 мм. Так можно получить швы, в которых соотношение глубины провара к ширине до 20:1 и более. Появляется возможность сварки тугоплавких металлов (вольфрама, тантала и др.), керамики и т.д. Уменьшение протяженности зоны термического влияния снижает вероятность рекристаллизации основного металла в этой зоне.

Малое количество вводимой теплоты. Обычно для равной глубины проплавления при электронно-лучевой сварке нужно вводить теплоты в 4...5 раз меньше, чем при дуговой. В результате резко снижаются коробления изделия.

Отсутствие насыщения расплавленного и нагретого металла газами. Наоборот, в ряде случаев наблюдается дегазация металла шва и повышение его пластических свойств. Это приводит к высокому качеству сварных соединений на таких химически активных металлах и сплавах, как ниобий, цирконий, титан, молибден и др. Можно также достичь хорошего качества электронно-лучевой сварки на низкоуглеродистых, коррозионностойких сталях, меди и медных, никелевых, алюминиевых сплавах [2].

Так есть и недостатки электронно-лучевой сварки.

- сложность и высокая стоимость оборудования;
- необходимость наличия вакуумных камер, что ограничивает размеры свариваемых изделий;
- вредное рентгеновское излучение в процессе ЭЛС;
- необходимость высококвалифицированного персонала.

В работе [1] были исследованы параметры режима ЭЛС являются сила тока, ускоряющее напряжение, скорость сварки, ток фокусировки. Проплавающая способность электронного луча определяется в основном величиной ускоряющего напряжения и в меньшей мере величиной тока электронного луча. Ток в фокусирующей магнитной линзе влияет на размеры пятна нагрева и, следовательно, на величину удельной тепловой энергии. Изменяя ток фокусировки, можно изменить ширину ванны и глубину проплавления [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Михальченков А. В., Цыплаков Р. Ш., Успенский Н. В. Электронно-лучевая сварка. Преимущества и недостатки, Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2017, 1, 412–44.
2. Львов В. А. Электронно-лучевая сварка крупногабаритных изделий ракетостроения на современном уровне. Материалы XXIII

Международной научно-практической конференции «Решетневские чтения», Красноярск, 2019, 1, 260–261.

3. Технологии и оборудование ЭЛС 2011 г.: докл. Санкт-Петерб. междунар. науч.-техн конф. (24-26 мая 2011 г., Санкт-Петербург). СПб. : Изд-во политехн. ун-та, 2011.

4. «ROBUR XNTERNATIONAL» - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.robur.ru/articles/elektronno-luchevaya-svarka>. Дата доступа: 10.10.2024