

УДК 621.791.65

Исследование влияния поперечных колебаний лазерного луча на размеры и микроструктуру переплавленного металла титанового сплава BT 1-0

Евлампьев Андрей Владиленович

evlampiev.andrey@mail.ru

SPIN-код: 7872-4514

Курынцев Сергей Вячеславович(*)

kuryntsev16@mail.ru

SPIN-код: 7946-7212

КНИТУ – КАИ, Казань, Республика Татарстан, Россия

Аннотация. На основании металлографических исследований проведён анализ влияния поперечных колебаний лазерного луча при переплаве листа из титанового сплава BT 1-0 на объем и микроструктуру. Установлено, что ширина ванны расплава зависит от амплитуды колебаний непрямолинейно. За счет увеличения ширины ванны расплава увеличивается площадь контакта при сварке внахлест, что влияет на свариваемость при сварке разнородных металлов. Амплитуда колебаний влияет на гидродинамические процессы в ванне расплава, несмотря на высокие скорости кристаллизации.

Ключевые слова: титан, колебания лазерного луча, микроструктура, ванна расплава

Введение. Сварка разнородных металлов является актуальной задачей для всех отраслей машиностроения. В последнее десятилетие лазерные технологии развиваются динамично. Одним из последних прорывных «ноу-хау» стала ручная лазерная сварка, имеющая ряд преимуществ перед дуговой, особенно при сварке малоответственных тонколистовых конструкций, для которых актуальна минимизация тепловложения. Этого добиваются, используя оптические системы, позволяющие сфокусировать лазерный луч до 20 мкм [1]. Однако это сужает область применения лазерных аппаратов для ручной сварки. Для увеличения номенклатуры свариваемых толщин и материалов активно применяются оптические системы колебаний лазерного луча, увеличивающие ширину сварочной ванны.

Целью исследования является установление влияния амплитуды колебаний на изменение микроструктуры, формы ванны расплава и глубины проплавления листа из сплава BT1-0.

Методы и материалы; результаты. Для исследования использовался аппарат ручной лазерной сварки Bagus, оснащенный оптической системой поперечных колебаний лазерного луча, диаметр точки в фокусе 20 мкм. Сплав BT1-0 был выбран как переплавляемый, так как ранее проводились исследования влияния технологических приемов и параметров режима сварки (ПРС) на свариваемость с алюминиевым сплавом Д16 [2]. Толщина листа из сплава BT1-0 1 мм, мощность лазерного излучения оставалась постоянной (800 Вт), скорость перемещения луча 40 мм/с, частота колебаний 30 Гц, ам-

плитуда изменялась в диапазоне 50–200 мкм. Для исследования были подготовлены макрошлифы с применением травителя Келлера.

Эффективность применения поперечных колебаний лазерного луча как технологического приема наблюдается при сварке нахлесточных соединений, ввиду того что это позволяет увеличить площадь контакта при сварке в один проход и непосредственно повлияет на прочностные свойства [2]. Увеличение ванны расплава и, соответственно, ширины контакта актуально не только для увеличения прочностных свойств, но и для увеличения площади электропроводности [3, 4], что актуально для сварки таких пар металлов как, сталь и алюминий, алюминий и медь, медь и никель. При этом форма колебаний, поперечных, продольных или круговых, влияет существенно как на ширину контакта, так и на гидродинамические процессы при сварке. Например, при применении поперечных колебаний ванна расплава по глубине является менее равномерной, чем при круговых колебаниях.

Заключение. Установлено, что применение поперечных колебаний с амплитудой в диапазоне 50–200 мкм при переплаве листа из титанового сплава BT1-0 непрямолинейно влияет на ширину ванны расплава. Макроструктура переплавленного металла имеет отличия, связанные с гидродинамическими процессами, зависящими от амплитуды колебаний.

Список источников

- [1] Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. *Технологические процессы лазерной обработки*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006, 664 с.
- [2] Kuryntsev S.V. Microstructure, mechanical and electrical properties of laser-welded overlap joint of CP Ti and AA2024. *Optics and Lasers in Engineering*, 2019, vol. 112, pp. 77–86.
- [3] Choi S.-H., Kim J.-H., Choi H.-W. Ring beam modulation-assisted laser welding on dissimilar materials for automotive battery. *J. Manuf. Mater. Process*, 2025, vol. 9, no. 2, pp. 28–39 <https://doi.org/10.3390/jmmp9020028>
- [4] Zhang H., Gu H., Ma D. Experimental Study on Laser Lap Welding of Aluminum–Steel with Pre-Fabricated Copper–Nickel Binary Coating. *Crystals*, 2025, vol. 15, no. 4, pp. 300–309. <https://doi.org/10.3390/cryst15040300>