

УДК 621.791.725

Взаимосвязь параметров лазерной сварки и дефектности сварных соединений алюминиевого сплава AlSi10Mg, изготовленного селективным лазерным плавлением

Щербаков Владимир Антонович

Shcherbakov-VA@outlook.com

Рогачев Станислав Олегович

csaap@mail.ru

SPIN-код: 7526-2588

НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

***Аннотация.** Рассмотрена взаимосвязь основных параметров лазерной сварки, таких как мощность лазерного излучения и скорость сварки, с дефектностью сварных швов. Показано влияние скорости сварки на образование и характер пористости в сварных швах. Определено влияние процесса лазерной сварки на основной металл заготовок, изготовленных селективным лазерным плавлением. Определены причины дефектности сварных швов.*

***Ключевые слова:** лазерная сварка, селективное лазерное плавление, алюминиевые сплавы, структура, дефекты*

Введение. С развитием аддитивных технологий появляются новые направления их применения, в частности применительно к алюминиевым сплавам [1]. Одним из таких направлений является изготовление крупногабаритных изделий, но задача осложняется рядом проблем, возникающих при увеличении габаритов изготавливаемого изделия, а также ограничениями, связанными с размерами рабочей камеры оборудования [2]. Возможным вариантом решения данной проблемы служит применение технологии лазерной сварки для соединения отдельно напечатанных частей изделия. Существует ряд исследований, описывающих применение лазерной сварки к алюминиевому сплаву AlSi10Mg, изготовленному методом селективного лазерного плавления (СЛП) [3, 4], в которых была выявлена проблема высокой пористости сварных швов, причину образования которой связывают с газонасыщенностью заготовок. Целью настоящего исследования явилось изучение зависимостей между основными параметрами лазерной сварки и дефектностью сварного шва алюминиевого сплава AlSi10Mg, изготовленного методом СЛП.

Методы и материалы; результаты. Объектом исследования служили пластины из алюминиевого сплава AlSi10Mg, изготовленные методом СЛП, сваренные лазерной сваркой в стык на установке «Сварог-2» в защитной среде аргона. Размер пластин 100×100×5 мм. Сварка проводилась иттриевым волоконным лазерным источником с длиной волны 1068 нм. Мощность лазерного излучения варьировалась от 3 до 5 кВт, а скорость сварки от 20 до 60 мм/с. Рентгеновская компьютерная томография проводилась на установке Nikon Metrology XT H 450 LC с регистрацией изображения на плоскопанельный детектор Perkin Elmer с размером пикселя 0,2 мм, и последующей

обработкой в программе Volume Graphic. Металлографический анализ проводился с использованием инвертированного оптического микроскопа Leica DM IRM с программно-аппаратным комплексом обработки изображения Image Expert Pro3х. Для исследования структурно-фазового состояния образцов использовался сканирующий электронный микроскоп Verios 460 XHR.

В результате исследований было установлено, что снижение скорости сварки до 20 мм/с при неизменной мощности, составляющей 5 кВт, позволяет вывести большую часть пор размером свыше 0,1 мм на поверхность сварочной ванны. При мощности лазерного излучения 3 кВт в начале шва образуется непровар глубиной до 1 мм и протяженностью до 17 мм. В сварных швах выявлены зоны с нарушением направленного роста дендритов. В структуре основного металла после сварки на расстоянии до 10–15 мм от шва наблюдалось выкрашивание материала в процессе пробоподготовки.

Заключение. На данный момент вопрос применимости лазерной сварки к алюминиевому сплаву AlSi10Mg, изготовленному методом СЛП, требует продолжения исследований в направлении уменьшения газонасыщенности основного металла.

Список источников

- [1] Aboulkhair N., Simonelli M., Parry L., Ashcroft I., Tuck C., Hague R. 3D printing of Aluminium alloys: Additive Manufacturing of Aluminium alloys using selective laser melting. *Progress in Materials Science*, 2019, vol. 106, pp. 1–45. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2019.100578>
- [2] Mukherjee T., Zhang W., DebRoy T. An improved prediction of residual stresses and distortion in additive manufacturing. *Computation Materials Science*, 2017, vol. 126, pp. 360–372. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2016.10.003>
- [3] Mäkikangas J., Rautio T., Mustakangas A., Mäntyjärvi K. Laser welding of AlSi10Mg aluminium-based alloy produced by Selective Laser Melting (SLM). *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 36, pp. 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.08.013>
- [4] Biffi C., Fiocchi J., Tuissi A. Laser Weldability of AlSi10Mg Alloy Produced by Selective Laser Melting: Microstructure and Mechanical Behavior. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2019, vol. 28, pp. 6714–6719. <https://doi.org/10.1007/s11665-019-04402-7>