

УДК 620.17

Механические свойства жаропрочного Al-сплава, полученного методом селективного лазерного сплавления

Кунавин Сергей Алексеевич^{1(*)}

kunavin_1950@mail.ru

Базалеева Ксения Олеговна²

bazaleeva_ko@pfur.ru

Понкратова Юлия Юрьевна²

ponkratova_yuyu@pfur.ru

Бинков Иван Игоревич³

binkovii@bmstu.ru

¹ АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Москва, Россия² РУДН, Москва, Россия³ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Исследованы структура и механические свойства Al-сплава системы Al–Ce–Fe–Ni–Zr, полученного методом селективного лазерного плавления (СЛП), при статическом и циклическом нагружении. Определены технологические режимы, позволяющие получить оптимальное сочетание прочностных и пластических характеристик данного материала. Показано влияние шероховатости поверхности (в исходном и обработанном состоянии) на прочностные и пластические характеристики.

Ключевые слова: механические испытания, структура металла, прочность, пластичность, механизмы разрушения, малоцикловая усталость

Введение. Успехи в развитии технологий аддитивного производства (АП), достигнутые за последние годы, позволяют изготавливать из различных конструкционных материалов плотные детали машин с механическими свойствами, сравнимыми с традиционными методами изготовления [1]. Одним из таких эффективных вариантов АП является метод СЛП [2], на основе которого были изготовлены полуфабрикаты и образцы Al-сплава системы Al–Ce–Fe–Ni–Zr.

Методы и материалы; результаты. Исходный порошковый материал Al-сплава системы Al–Ce–Fe–Ni–Zr был получен методом газовой атомизации, частицы порошка преимущественно имели сферическую форму. Средний размер частиц данного порошка составил 24,3 мкм. На основе варьирования основных технологических параметров процесса: мощности излучения P и скорости сканирования лазерного луча V определено их соотношение ($P/V = 0,34$ Дж·с/мм), позволившее получить высокую плотность металла (пористость менее 0,05 %), отсутствие трещин, оптимальное сочетание прочностных и пластических характеристик.

Механические испытания проводили на цилиндрических образцах с гладкой рабочей частью, диаметром 5 мм. Исследования проводили на образцах двух партий в зависимости от ориентации заготовок в камере установки СЛП-250: вертикальные (ВО), — горизонтальные (ГО2) с цилиндрической рабочей частью в исходном состоянии, т. е. сформированной в процессе изготовления в камере СЛП (И) и после токарной обработки (О).

Прочностные характеристики для обеих партий образцов различаются незначительно ($\sigma_B \approx 400\text{--}430$ МПа). Пластические характеристики существенно различаются. Для образцов (ВО) обработка существенно повышает значение относительного остаточного удлинения (δ) на 26–28 %, горизонтальных — на ~80 %. Пластические свойства образцов (ГО) (как в обработанном варианте, так и в исходном) значительно выше, чем у вертикальных.

Результаты циклических испытаний показали, что во всем диапазоне числе циклов обработка поверхности существенно улучшает сопротивление процессу усталости образцов. Для ВО значения ограниченных пределов выносливости (ОПВ) возрастают на ~ 12 %, а по числу циклов — на ~ 80 %. Для ГО этот эффект проявляется еще более значительно: значения ОПВ возрастают на ~ (13–14) %, а по числу циклов — на ~ (180–200) %.

Повышение температуры до 350 °С незначительно влияет на характеристики прочности (наблюдаемое снижение — на $\approx 25\text{--}28$ %). Таким образом, разработанный Al сплав данной системы может эффективно использоваться в конструкциях летательных аппаратов при повышенных температурах, включая изделия сложной геометрической формы.

Заключение. Разработаны технологические режимы получения жаропрочного Al-сплава системы Al–Ce–Fe–Ni–Zr методом СЛП, позволившая получить оптимальное сочетание прочностных и пластических характеристик материала и обеспечить его работоспособность до температуры 350 °С. Наилучшее сочетание прочностных и пластических характеристик при статическом и циклическом нагружении реализуется для горизонтальных образцов.

Список источников

- [1] Glodez S., Klemenc J., Zupanic F., Vesenjак M. High-cycle fatigue and fracture behaviours of SLM AlSi10Mg alloy. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 2020, no. 30, pp. 2577–2589.
- [2] Maria T.D.G., João Teixeira O. de M., Giovanni B., Emanuela C., Enrique M.C. Fatigue crack growth behavior of a selective laser melted AlSi10Mg. *Engineering Fracture Mechanics*, 2019, no. 217, pp. 106–564.