

УДК 621.9.044:620.178.1

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ОБРАЗЦОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ИЗ СПЛАВА ЭП648

М. О. КУДРЯШОВА

Научный руководитель Е. А. НОСОВА, д-р техн. наук, доц.
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева
Самара, Россия

Применение жаропрочных сплавов на никелевой основе в форме порошковой композиции актуально для изготовления деталей авиационного и ракетно-космического назначения методами аддитивных технологий. В основном, сплавы этого типа востребованы для производства деталей методами селективного лазерного сплавления (СЛС) и прямого лазерного выращивания (ПЛВ).

Аддитивное производство с использованием жаропрочных сплавов осложнено их многокомпонентным составом и высоким разбросом температур плавления легирующих элементов. В связи с этим важным этапом подготовки к запуску печати деталей является предварительная оценка влияния технологических параметров на структуру и механические свойства синтезированного сплава.

Целью данной работы является исследование микротвердости образцов, синтезированных методом прямого лазерного выращивания из жаропрочного никелевого сплава ЭП648 при различных режимах. Объектами исследования являются девять образцов прямоугольной формы, изготовленных на установке для прямого лазерного выращивания ИЛИСТ-L (производство ИЛИСТ, Россия).

Изготовление образцов осуществлялось с варьированием шести технологических параметров: скорость лазера V , мм/с; диаметр пятна d , мм; расход порошка первого валика Q_1 , г/мин; расход порошка на внутренние валики Q_i , г/мин; расход порошка последнего валика Q_2 , г/мин; технологическая пауза τ , с. Каждому из образцов в качестве маркировки присваивался порядковый номер «1...9».

Измерение микротвердости проводилось на предварительно подготовленных микрошлифах в соответствии с ГОСТ 9450 при помощи микротвердомера HV-1000TRTA, нагрузка составляла 500 гс. Рабочая поверхность микрошлифов располагалась в поперечной ориентации относительно направления выращивания образцов по оси X. Измерения осуществлялись по схеме «3 × 3» для оценки равномерности микротвердости по сечению каждого из девяти образцов. Рабочая поверхность шлифа была условно разбита на девять равнозначных секторов, в каждом из которых было выполнено одно измерение.

Результаты измерения микротвердости (среднее значение по девяти отпечаткам) исследуемых образцов представлены на рис. 1.

По результатам измерений установлено, что среднее значение микротвердости девяти исследованных образцов изменяется в интервале (257,1...292,5) HV0,5_{ср}.

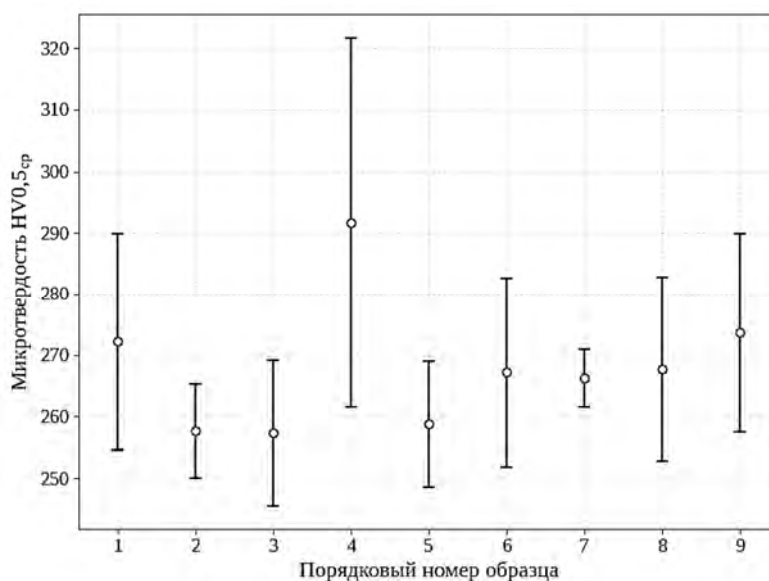


Рис. 1. Результаты измерения микротвердости образцов из сплава ЭП648, синтезированных методом ПЛВ

Наименьший уровень микротвердости 257,1 HV0,5_{cp} наблюдается у образца с порядковым номером «3», выращенного по режиму: $V = 20$ мм/с, $d = 3$ мм, $Q_1 = 33,79$ г/мин, $Q_i = 27,03$ г/мин, $Q_2 = 32,42$ г/мин, $\tau = 48$ с. Наивысший уровень микротвердости 292,5 HV0,5_{cp} показывает образец с порядковым номером «4», выращенный по режиму: $V = 25$ мм/с, $d = 2$ мм, $Q_1 = 28,40$ г/мин, $Q_i = 22,52$ г/мин, $Q_2 = 27,21$ г/мин, $\tau = 48$ с. Несмотря на высокий уровень, микротвердость материала образца «4» неоднородна по сечению, наблюдается сильный разброс значений (стандартное отклонение $\sigma = 30,55$ HV0,5). Наиболее однородной по сечению микротвердостью (266,2 HV0,5_{cp}) обладает образец с порядковым номером «7» ($\sigma = 4,86$ HV0,5), выращенный по режиму: $V = 30$ мм/с, $d = 2$ мм, $Q_1 = 33,79$ г/мин, $Q_i = 27,03$ г/мин, $Q_2 = 32,42$ г/мин, $\tau = 40$ с.

Анализ полученных результатов показал, что при производстве деталей методом ПЛВ существует компромисс между достижением максимального уровня свойств (в данном случае микротвердости) и их однородностью по сечению материала. Установлено, что сочетание технологических параметров выращивания образца «4» ($V = 25$ мм/с, $d = 2$ мм, $Q_1 = 28,40$ г/мин, $Q_i = 22,52$ г/мин, $Q_2 = 27,21$ г/мин, $\tau = 48$ с) позволяет получить наивысшие значения микротвердости, но при этом не обеспечивает равномерности свойств по сечению. Это свидетельствует о формировании неоднородной микроструктуры с возможными дефектами структурообразования (поры, несплавления). Оптимальным в данном случае является сочетание технологических параметров выращивания образца «7» ($V = 30$ мм/с, $d = 2$ мм, $Q_1 = 33,79$ г/мин, $Q_i = 27,03$ г/мин, $Q_2 = 32,42$ г/мин, $\tau = 40$ с), обеспечивающее высокую однородность микротвердости по сечению образца при несколько меньшем значении.