

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

Платонов М.С.

¹Самарский университет, г. Самара, platonov.ms@ssau.ru

Ключевые слова: аддитивное производство, прямое лазерное выращивание, термическая обработка, жаропрочные сплавы, твердость

Никелевые жаропрочные сплавы отличаются высоким содержанием легирующих элементов. При традиционных методах получения изделий (литье или обработка давлением) эти элементы образуют структуры, близкие к равновесному состоянию. В процессе прямого лазерного выращивания (ПЛВ) происходит неравномерный лазерный нагрев отдельных объемов сплава, что приводит к возникновению остаточных напряжений и анизотропии свойств материала. При отделении от платформы это вызывает искажение формы тонкостенных деталей, таких как турбинные лопатки и крыльчатки [1]. Кроме того, изменяются механические свойства [2]. Наиболее распространенным способом снижения или полного устранения остаточных напряжений в большинстве металлических сплавов является отжиг.

Для исследования режимов термообработки были выращены прямоугольные образцы размерами 50x10x10 мм из жаропрочного хромоникелевого сплава ВЖ159, наплавляемые на стальную подложку. Режим выращивания: мощность лазерного излучения 2000 Вт, скорость сканирования 25 мм/с, диаметр лазерного пятна 2,5 мм. В эксперименте варьировались режимы термообработки, включающие в себя различное время выдержки и способы охлаждения. План эксперимента приведен в табл. 1.

Таблица 1 – План эксперимента

№ образца	Режим термообработки		Твердость, НВ
	Термообработка	Охлаждение	
1	1190 °С, 3 часа	На воздухе	259±9
2	1190 °С, 3 часа 800 °С, 10 часов	На воздухе	240±15
3	1190 °С, 3 часа 800 °С, 10 часов 700 °С, 15 часов	С печью	258±7
4	Без термообработки		233±1
5	1190 °С, 3 часа	На воздухе	252±13
6	1190 °С, 3 часа 700 °С, 15 часов	С печью	248±10
7	800 °С, 10 часа	С печью	242±15
8	1190 °С, 3 час 800 °С, 10 часов	На воздухе	251±5
9	700 °С, 15 часа	На воздухе	241±1

В работе исследовано влияние различных режимов термической обработки на твердость, микроструктуру и остаточные напряжения образцов из жаропрочного никелевого сплава ВЖ159, полученных методом прямого лазерного выращивания (ПЛВ). Показано, что исходная твердость выращенных заготовок составляет 233±1 НВ. Наименьшая твердость (241±1 НВ) достигается после нагрева до 700°С, выдержки 15 ч и охлаждения с печью. Наиболее экономичным режимом для снижения остаточных напряжений является нагрев до 800°С, выдержка 10 ч и охлаждение на воздухе, что снижает твердость до 242±15 НВ.

Микроструктурный анализ показал, что после всех видов термообработки формируется разнотекучность и исчезает слоистость, характерная для технологии ПЛВ. В режимах с медленным охлаждением (с печью) наблюдаются упорядоченные структуры твердых растворов на основе никеля.

Список литературы

1. Influence of the Fusion Modes on the Microstructure and Formation of Defects in Samples Made of a Heat-Resistant Nickel-Based Alloy Made by Direct Laser Fusion /Oleynik M.A., Balyakin A.V. et al. // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 2402.

2. Influence of Direct Metal Deposition Modes on the Shaping of Single Tracks and Walls Made of Heat-Resistant Powder Material / Oleynik M.A., Balyakin A.V., Zlobin E.P. // Materials Science Forum.

Сведения об авторах

Платонов Михаил Сергеевич – магистрант кафедры ТПД. Область научных интересов: прямое лазерное выращивание, САЕ-системы

DETERMINATION OF THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE MICROSTRUCTURE OF HEAT-RESISTANT ALLOYS

Platonov M.S.

¹Samara University, Samara, platonov.ms@ssau.ru

Keywords: additive manufacturing, direct laser deposition, heat treatment, superalloys, hardness.

The effect of heat treatment modes on hardness, microstructure, and residual stresses of VZh159 nickel superalloy samples obtained by direct laser deposition was studied. Initial hardness was 233 ± 1 HB. The lowest hardness (241 ± 1 HB) was achieved after heating to 700°C , 15 h holding, and furnace cooling. The most economical mode for residual stress reduction was heating to 800°C , 10 h holding, and air cooling (242 ± 15 HB). Microstructure analysis revealed inequigranular structure and loss of layering after all treatments.