

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ СЛС СПЛАВА ИНКОНЕЛЬ 718

А. А. ПРОТАЦКАЯ¹, С. Р. ШАРИПОВА²

¹a.protatskaya@yandex.ru, ²materialkatkm@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

Аннотация. В статье представлено исследование влияния СЛС и последующей термообработки на структуру сплава Инконель 718. В микроструктуре помимо типичного для СЛС «вязаного узора» присутствуют проросшие сквозь несколько слоев порошка дендриты. Использование стандартной термообработки СЛС Инконель 718 привело к незначительному снижению микротвердости.

Ключевые слова: СЛС; микроструктура; Инконель 718; термообработка.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день перспективным является использование аддитивных технологий для производства высокотехнологичной продукции из сложно-обрабатываемых материалов. Одним из способов реализации аддитивных технологий является селективное лазерное сплавление (СЛС). В технологии СЛС используется лазер высокой мощности для расплавления тонкого слоя порошка в соответствии с 3D-моделью [1]. В последнее время наблюдается значительный рост применения аддитивных технологий при производстве сложнопрофильных деталей из сложнообрабатываемых материалов. Полученные методом СЛС изделия обычно имеют характерную структуру «вязаного узора».

Технология подразумевает использование одного или нескольких лазеров (как правило, углекислотных) для спекания частиц порошкообразного материала до образования трехмерного физического объекта. В качестве расходных материалов используются пластики, металлы, керамика или стекло. Спекание производится за счет вычерчивания контуров, заложенных в цифровой модели (т.н. «сканирования») с помощью одного или нескольких лазеров. По завершении сканирования рабочая платформа опускается, и наносится новый слой материала. Процесс повторяется до образования полной модели [2].

Сфера применения 3D-печати методом СЛС благодаря способности производить функциональные детали сложной геометрической формы обширна: детали силовых установок, авиастроение, машиностроение, космонавтика [3].

ТЕРМООБРАБОТКА СПЛАВА ИНКОНЕЛЬ 718

Аустенитные дисперсионно-твердеющие стали и сплавы подвергают разным видам термической обработки: отжигу, закалке, отпуску (старению или дисперсионному твердению) и отпуску для снятия напряжений.

Для сплава Инконель 718 используется термическая обработка в виде гомогенизации для растворения дисперсных выделений и фаз в матрице и трёхэтапное старение для выделения γ'' - и γ' -фаз различной формы и размера.

Термическая обработка образцов проводится в камерной печи по стандартному режиму для сплава Инконель 718 [4]:

- гомогенизирующий отжиг при температуре 980°C в течение 1 часа и последующим охлаждением на воздухе;
- старение в три этапа:

- 1) выдержка при температуре 720°C в течение 3-х часов;
- 2) охлаждение в печи до 620°C в течение 2-х часов;
- 3) выдержка при температуре 620°C в течение 3 часов.

Химический состав стандартного сплава Инконель 718 [5] и определенный по результатам РЭМ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав сплава Инконель 718

Inconel 718	Массовая доля легирующих элементов, %											
	Ni	Cr	Nb	Mo	Ti	Al	C	Si	Mn	Fe	Co	B
По стандарту [5]	50-55	17-21	4,75-5,5	2,8-3,3	0,65-1,15	0,2-0,8	≤0,08	≤0,35	≤0,35	остальное	-	-
По результатам РЭМ	51,66	18,43	4,75	-	0,91	0,61	-	0,013	0,14	17,97	0,27	0,006

Исследование микроструктуры подготовленных микрошлифов из сплава Инконель 718 показало присутствие проросших сквозь несколько слоев ванн расплава дендритов, вытянутых вдоль направления построения, и зёрна типичного для СЛС «вязаного узора», т.е. закристаллизовавшиеся ванны расплава каждой порошинки, растёкшиеся в плоскости, перпендикулярной направлению построения.

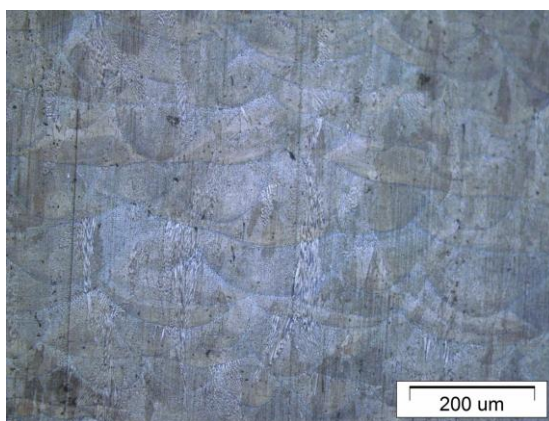


Рис. 1. Микроструктура вертикально выращенного образца Инконель 718.

После проведения термической обработки границы ванн расплава видны хуже, чем до ТО. Зерна имеют то же направленное построение, появляются частицы фаз по границам вязаных зерен и внутри них.

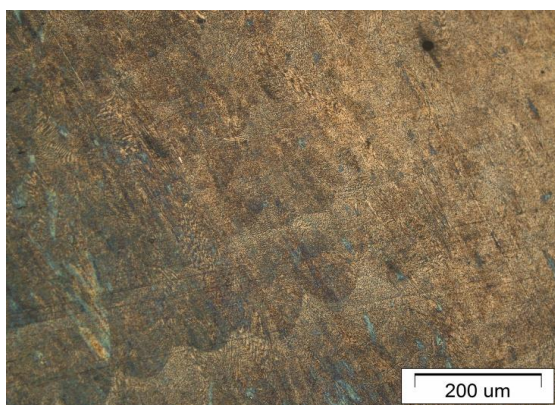
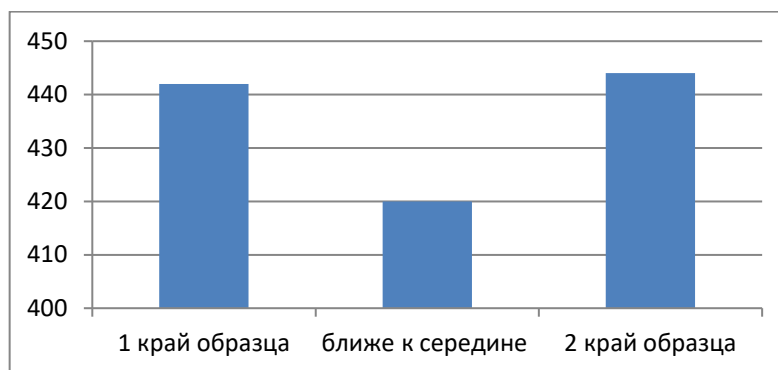
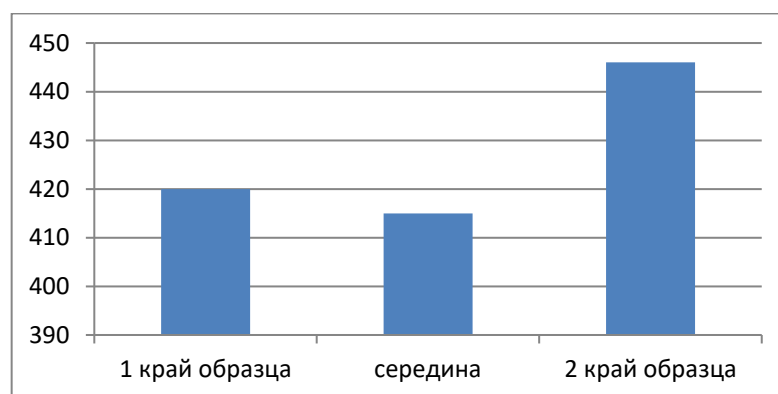


Рис. 2. Микроструктура вертикально выращенного образца Инконель 718 после термической обработки.

После гомогенизирующего отжига у вертикально выращенного образца Инконель 718 наблюдается незначительное снижение микротвердости.



Гистограмма 1. Микротвердость вертикально выращенного образца до гомогенизирующего отжига



Гистограмма 2. Микротвердость вертикально выращенного образца после гомогенизирующего отжига

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что в структуре Инконеля 718, полученного методом СЛС, в основном присутствует типичный для СЛС технологии «вязаный узор», помимо которого имеются вытянутые вдоль направления построения дендриты. Причиной их образования может быть малая площадь построения образца.

Структура зёрен «вязаного узора» имеет однородное дендритное строение. По границам зёрен и внутри них появляются частицы фаз.

После гомогенизирующего отжига у вертикального выращенного образца Инконель 718 наблюдалось снижение микротвердости на 5,5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евгенов А.Г., Рогалев А.М., Неруш С.В., Мазалов И.С. Исследование свойств сплава ЭП648, полученного методом селективного лазерного сплавления металлических порошков // ТРУДЫ ВИАМ, Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов. 2015. № 2. - 12 с.
2. Gu D.D., Meiners W., Wissenbach, K., Poprawe R. Laser additive manufacturing of metallic components: Materials, processes and mechanisms. International Materials Reviews.-2012 № 57 (3) P. 133–164.
- 3.[Электронный ресурс] Аддитивные технологии: SLS — выборочное лазерное спекание- Режим доступа: <https://yandex.ru/turbo/heatreatment.ru/s/additivnye-tehnologii-sls-vyborочноe-lazernoe-spekanie.html> (Дата обращения: 15.11.2021)
4. Asm handbook Heat Treating. ASM International. Volume 4. Materials Park, Ohio. 1991.
5. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА IN718 ПРИ СТАТИЧЕСКОМ И ЦИКЛИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ // Бабенцова Л.П., Анциферова И.В

ОБ АВТОРАХ

ПРОТАЦКАЯ Анастасия Андреевна, студентка 3-го курса ИАТМ.

ШАРИПОВА Саида Раилевна, к.т.н., доцент каф. МиФМ.

METADATA

Title: The effect of heat treatment on the structure of the SLS of the Inconel 718 alloy.

Affiliation: Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

Email: ¹ a.protatskaya@yandex.ru , ² materialkatkm@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 1(27), pp. 90-93, 2023. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The article presents a study of the effect of SLS and subsequent heat treatment on the structure of the Inconel 718 alloy. In the microstructure, in addition to the "dried pattern" typical for SLS, there are dendrites sprouted through several layers of powder. The use of standard heat treatment SLS Inconel 718 led to a slight decrease in microhardness.

Key words: SLS; microstructure; Inconel 718; heat treatment.

About authors:

PROTATSKAYA Anastasia Andreevna, student 3 year, Ufa state aviation technical University.

SHARIPOVA Saida Railevna, Candidate of Technical Sciences, assistant Professor, Ufa state aviation technical University.