

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Мешков А.А.<sup>1,2</sup>, Мешкова Е.А.<sup>3,4</sup>, Евстафьева В.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, [artem92-42dml@yandex.ru](mailto:artem92-42dml@yandex.ru)

<sup>2</sup>Самарский университет, г. Самара,

<sup>2</sup> Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара

<sup>3</sup> Самарский государственный технический университет, г. Самара

*Ключевые слова: прямое лазерное выращивание, металлопорошковая композиция, термообработка, механические свойства.*

Гетерогенные сплавы на основе никеля применяются в авиастроении и энергетике для изготовления нагруженных деталей и узлов, работающих при высоких температурах. Одним из примеров материалов данной группы является применяемый при температурах до 700 °С (кратковременно до 800 °С), сплав Inconel 718 и его российский аналог ХН45МВТЮБР (ЭП718).

В силу особенностей механической обработки использование Inconel 718 в 3D печати металлами широко распространено. Сплав Inconel 718 хорошо сваривается поэтому он применим для аддитивного производства деталей машин методом прямого лазерного выращивания.

В качестве объекта для исследований использовали образцы, полученные из металлопорошковой композиции сплава Inconel 718 производства АО «ОЗ Микрон», прошедший входной контроль и подтвержден оптимальный режим выращивания.

Необходимо определить оптимальный режим термической обработки заготовок, полученных методом гетерофазной порошковой металлургии из сплава Inconel 718.

Режим определялся на партии выращенных образцов по полученному ранее режиму. Термообработка производилась в вакуумной печи, вакуумной печи с охлаждением аргоном со скоростью 50 град/мин и в камерной печи с охлаждением на воздухе по режимам (таблица 1), из справочника авиационных материалов [3]. Так же исследования проводились на образцах из первичного и вторичного порошка без термической обработки.

Таблица 1 – Режимы термообработки

Образец	Охлаждение	Закалка, 1070±10°С, 1 ч.	Старение 1, 780±10°С, 5 ч.	Старение 2, 650±10°С, 16 ч.
1	Воздух	+		
2		+	+	
3		+	+	+
4	Вакуум	+		
5		+	+	
6		+	+	+
7	Вакуум, 50град/мин	+		
8		+	+	
9		+	+	+
10	Без ТО			
11	Вторичный порошок, без ТО			

Проводились металлографические исследования, определение твердости по Роквеллу, определение механических свойств. Испытания на длительную прочность проводились при 800°С и 25 кг/мм<sup>2</sup> постоянно приложенном напряжении. По результатам проведенных исследований были составлены диаграммы (рисунок 1).

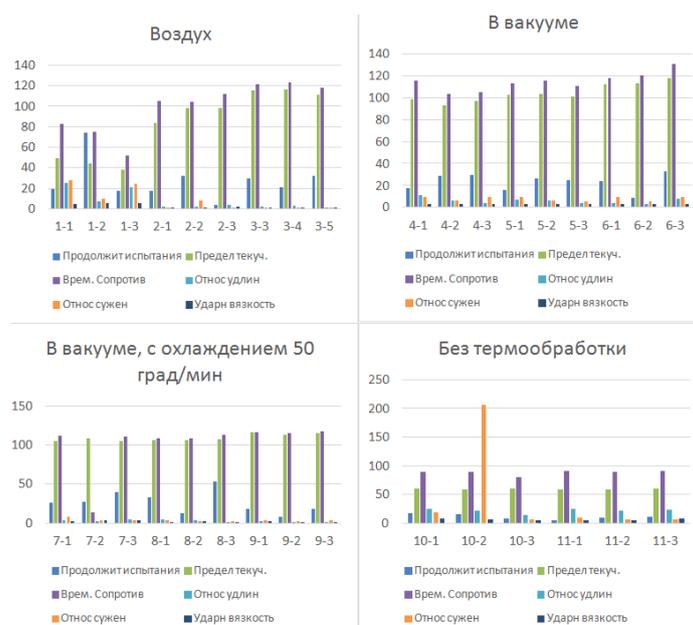


Рисунок 1 – диаграммы полученных результатов

Анализ результатов проведенных исследований показывает увеличение твердости материала после термообработки. Образцы, проходившие только закалку в любой из видов печей, показывают результаты хуже по пределу текучести и временному сопротивлению относительно образцов, прошедших полный цикл термообработки. Наилучшие результаты получены после полной термообработки с двумя старениями в камерной печи с охлаждением на воздухе.

### Список литературы

1. Авиационные материалы. Том 3. Жаропрочные стали и сплавы, сплавы на основе тугоплавких металлов / Под общей редакцией Р.Е. Шалина. – 1989. – 566 с.

### Сведения об авторах

Мешков А.А., начальник бюро аддитивных технологий.

Мешкова Е.А., к.т.н., доцент кафедры «Прикладная информатика», доцент кафедры «Стоимостной инжиниринг и техническая экспертиза зданий и сооружений».

Евстафьева В.А., студент группы ПИМ-11.

## THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PRODUCTS OBTAINED BY DIRECT LASER CULTIVATION

Meshkov A.A.<sup>1,2</sup>, Meshkova E.A.<sup>3,4</sup>, Evstafieva V.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>«UEC-Kuznetsov», Samara, Russia, [artem92-42dml@yandex.ru](mailto:artem92-42dml@yandex.ru)

<sup>2</sup>Samara University, Samara, Russia

<sup>2</sup>PSUTI, Samara, Russia

<sup>3</sup> Samara Polytech, Samara, Russia

*Keywords: direct laser cultivation, metal powder composition, heat treatment, mechanical properties.*

Heterogeneous nickel-based alloys are used in aircraft and power engineering for the manufacture of loaded parts and assemblies operating at high temperatures. One of the examples of materials of this group is the Inconel 718 alloy used at temperatures up to 700 ° C (briefly up to 800 ° C) and its Russian counterpart EP718.

Due to the peculiarities of mechanical processing, the use of Inconel 718 in 3D printing with metals is widespread. Inconel 718 alloy welds well, so it is applicable for additive manufacturing of machine parts by direct laser growing. Inconel 718 powders for 3D printing are widely available and produced by many manufacturers around the world. Heat-resistant alloys have a high melting point, therefore, in the process of 3D printing with metal, they require a higher specific power of laser radiation.