

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО СПЛАВА ВКНА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ

©2016 В.Г. Смелов, А.В. Сотов, А.В. Агаповичев, Е.А. Носова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### THE RESEARCH OF INTERMETALLIC ALLOYS OBTAINED BY SELECTIVE LASER MELTING

Smelov V.G., Sotov A.V., Agapovichev A.V., Nosova E.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*In this paper the research of heat-resistant intermetallic alloy produced by selective laser melting were conducted. The effect of laser modes on the mechanical characteristics of the material has been studied. Phase analysis of the molten material was carried out. To assess the fusion quality of the metal powder particles metallographic studies were conducted.*

На сегодняшний день одной из самых прогрессивных технологий аддитивного производства является технология селективного лазерного сплавления (СЛС) металлического порошка. К преимуществам использования данной технологии можно отнести быстроту изготовления и уникальность свойств синтезируемого материала. С помощью технологии СЛС можно создавать изделия любой формы и заданной точности без предварительных затрат на подготовку средств технологического оснащения.

Одной из актуальных задач на данный момент является изучение основных параметров лазерного излучения при сканировании поверхности металлического порошка. Опираясь на значения этих параметров, появляется возможность регулировать свойства синтезируемого материала при изготовлении деталей. Подбор и оптимизация режимов селективного лазерного сплавления порошка становится также актуальной задачей в связи с импортозамещением, где машиностроительная отрасль переходит на использование расходных материалов отечественного производства.

В данной работе представлены результаты исследования влияния режимов селективного лазерного сплавления металлического порошка интерметаллидного сплава ВКНА. Данный материал предназначен для изготовления деталей газотурбинных двигателей, эксплуатируемых при температурах 900-1200°C. В работе [1] подробно изучены основные технологические свойства и применение высокотемпературных материалов на основе интерметаллида Ni<sub>3</sub>Al серии ВКНА. Представленные в работе исследова-

ния влияния режимов селективного лазерного сплавления на формируемую структуру материала были проведены с использованием технологической установки SLM 280HL, универсальной сервогидравлической испытательной машины Instron 8802, аналитического сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega, рентгеновского дифрактометра ДРОН-3.

Технологическая установка SLM 280 HL позволяет осуществлять синтез материала как зарубежного, так и отечественного производства. В качестве рабочего инструмента в установке используется иттербиевый волоконный лазер с непрерывным режимом работы мощностью 400 Вт. Длина волны излучения составляет 1075 нм. В представленной работе в качестве оперируемых параметров лазера использовались мощность, скорость сканирования поверхности слоя металлического порошка. Количество передаваемой энергии было оценено с помощью параметра линейной плотности энергии (ЛПЭ) равной отношению мощности излучения ( $P$ ) к скорости сканирования  $V$  ( $ЛПЭ = P/V$ ). Диапазон рассматриваемого параметра ЛПЭ составил 0,19...0,65 Дж/мм, мощность лазера была определена с шагом 10 Вт.

Для определения прочностных характеристик синтезируемого материала были изготовлены образцы, представляющие из себя пластины с длиной, шириной и высотой равными 70 × 2 × 10 мм соответственно. Результаты исследования механических свойств для различных значений скорости сканирования представлены на рис. 1.

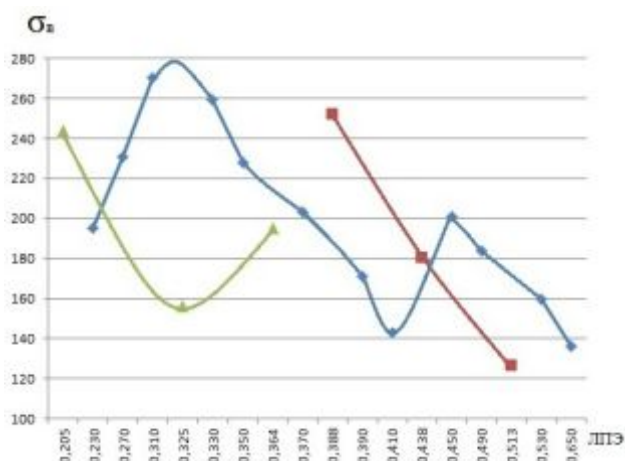


Рис. 1. Зависимость предела прочности от ЛПЭ

Также в работе была исследована микротвердость образцов после выращивания и после процесса гомогенизации. Произведена оценка деформации при разрушении образцов, проведен фазовый анализ сплавленного

материала. Для оценки качества сплавления частиц металлического порошка проведены металлографические исследования структуры.

Исследование влияния режимов СЛС позволит получить качественную структуру материала интерметаллидного сплава, что в свою очередь даст возможность применять данный материал при изготовлении сложно-профильных деталей горячего тракта газотурбинных двигателей.

#### Библиографический список

1. Базылева О.А., Аргинбаева Э.Г., Туренко Е.Ю. Жаропрочные литейные интерметаллидные сплавы. журнал «Авиационные материалы и технологии», 2012.

УДК 621.785+629.735.084

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ НА ДИФфуЗИОННЫЙ РОСТ ПОР В ЖАРОПРОЧНОМ СПЛАВЕ ПРИ ТЕРМОУСТАЛОСТИ

©2016 А.К. Емалетдинов, А.В. Галактионова

Уфимский государственный авиационный технический университет

#### THE MODELING OF INFLUENCE OF STRUCTURE ON THE DIFFUSIVE VOID GROWTH IN HEAT RESISTING ALLOY AT TERMOFATIGUE

Emaletdinov A.K., Galaktionova A.V. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

*The vacancy kinetic in nanocrystalline heat resisting alloy is discussed. The system of the equations for vacancy density is received. The analysis of solutions of system is carried out.*

Эволюция вакансионной системы и зарождение пор под действием циклической термомеханической нагрузки определяют долговечность наноструктурных двухфазных сплавов, например жаропрочных сплавов. Рассмотрена задача влияния дислокационной структуры, мисфита, поверхностной энергии на диффузионный рост пор в жаропрочном сплаве при термоусталости. Кинетика вакансий определяется диффузионным уравнением с источником вакансий по термоактивационному механизму с учётом диффузионных и термических напряжений, а также концентрации напряжений возле включений. Проведены численные расчёты неоднородной

концентрации вакансий в зёрнах интерметаллидов и никелевой прослойке при действии термомеханической нагрузки и различных значениях параметров. Рассмотрено влияние концентрационных и диффузионных напряжений при циклической термомеханической нагрузке на энергию образования вакансий и скорость их зарождения. Величина концентрационных напряжений зависит от размерного несоответствия атомов и модулей сжимаемости компонентов. Сделаны оценки возникающих дополнительных потоков вакансий, определяемых уменьшением энергии зарождения благодаря уменьшению модулей упругости и межатомной