

Научная статья

УДК 669.017

Получение жаропрочных интерметаллидных сплавов  
на основе алюминидов титана с использованием  
аддитивных технологий

**Инна Александровна Насчетникова<sup>1</sup>, Степан Игоревич Степанов<sup>2</sup>,  
Анатолий Геннадьевич Илларионов<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Уральский федеральный университет им. первого Президента  
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> s.i.stepanov@urfu.ru

**Аннотация.** В настоящей работе рассматриваются возможности получения изделий и полуфабрикатов из жаропрочных О-сплавов на основе орторомбического алюминидов титана и  $(\alpha_2+\gamma)$ -сплавов с использованием аддитивных технологий взамен традиционных технологий литья и обработки металлов давлением.

**Ключевые слова:** жаропрочные интерметаллидные О-,  $(\alpha_2+\gamma)$ -титановые сплавы, аддитивные технологии

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках гранта РФФ-DST № 22-49-02066.

Original article

Producing Heat-Resistant Intermetallic Alloys Based  
on Titanium Aluminides Using Additive Manufacturing

**Inna A. Naschetnikova<sup>1</sup>, Stepan I. Stepanov<sup>2</sup>, Anatoly G. Illarionov<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Ural Federal University named after the first President  
of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> s.i.stepanov@urfu.ru

**Abstract.** In this paper, we consider the possibility of obtaining products and semi-finished products from heat-resistant O-alloys based on orthorhombic titanium aluminide and  $(\alpha_2+\gamma)$ -alloys using additive technologies instead of traditional casting and metal forming technologies.

**Keywords:** heat-resistant intermetallic O-,  $(\alpha_2+\gamma)$ -titanium alloys, additive manufacturing

**Funding.** The work was carried out within the framework of the RGNF-DST grant No. 22-49-02066.

Недостатком интерметаллидных сплавов на основе алюминидов титана ( $\alpha_2$ , O,  $\gamma$ ) является их низкая пластичность и технологичность при изготовлении и эксплуатации сложной конфигурации изделий, в частности деталей газотурбинных двигателей. В связи с этим для устранения проблемы изготовления из этих сплавов деталей сложной геометрии предлагается следующий подход — использование для производства такого рода изделий аддитивных технологий взамен традиционных (литье, ОМД). Успешная реализация такого подхода основывается на доскональных исследованиях, связанных с установлением закономерностей формирования структурно-фазового состояния, текстуры и комплекса физико-механических, эксплуатационных свойств при комнатной и повышенных температурах в полуфабрикатах и изделиях из жаропрочных алюминидов титана, полученных аддитивными технологиями. При этом основной объем исследований связан с O-сплавами на основе орторомбического алюминида титана  $Ti_2AlNb$ , а в  $(\alpha_2+\gamma)$ -сплавах основное внимание уделено вопросам формирования кристаллографической и морфологической текстур: ориентации пластинчатой  $(\alpha_2+\gamma)$ -структуры относительно внешних координат изделия и управление этим процессом за счет создания условий для контроля текстуры при направленной кристаллизации в ходе синтеза.

Предложено при получении 3D-технологиями жаропрочных полуфабрикатов из O-сплавов использовать композиции химических составов с содержанием алюминия на уровне 23–25 ат. %, т. е. выше традиционных 21–22 ат. %, преимущественно используемых в деформируемых полуфабрикатах, например, в российском сплаве ВТИ-4 или зарубежном  $Ti-22Al-25Nb$ . Увеличение содержания алюминия в исследуемых O-сплавах способствует повышению их термической стабильности и рабочих температур из-за снижения объемной доли

.....

в структуре матричной  $\beta$ -фазы, имеющей пониженную жаропрочность. Дополнительно рассматривается формирование регламентированного термически стабильного состояния в результате подбора с одной стороны необходимых параметров 3D-технологий, обеспечивающих в O-сплавах близкие к равновесной микроструктуры, соответствующей трехфазной O+ $\alpha_2$ + $\gamma$ -области (фиксация состояний соответствующих температурным диапазонам O-,  $\alpha_2$ + $\beta$ ,  $\beta$ -области нежелательна вследствие существенного охрупчивания сплава) и последующего термического воздействия для формирования структурно-фазового состояния, обеспечивающего повышенный комплекс механических характеристик в диапазоне температур нагрева не ниже 700 °С.