

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Маркова Георгия Михайловича  
на тему: **«Получение новых порошковых жаропрочных сплавов на основе алюминидов титана и их применение в технологии селективного лазерного сплавления»**,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Научная работа носит актуальный характер, поскольку посвящена жаропрочным сплавам на основе алюминидов титана – перспективному поколению материалов для авиакосмической отрасли, особенно для совершенствования газотурбинных двигателей (ГТД). Данные сплавы превосходят традиционные никелевые и титановые аналоги по термической стабильности структуры и фазового состояния при меньшей плотности и стоимости. Несмотря на активные исследования  $\gamma$ -сплавов на основе TiAl ведущими странами (КНР, Япония, Германия, Франция, США), их применение для изготовления компонентов сложной геометрии сопряжено с серьезными технологическими вызовами из-за высокой чувствительности фазового состава к параметрам процесса, легирующим элементам и примесям, а также сложностей при постобработке изделий.

В этой связи диссертационное исследование Маркова Г.М., направленное на разработку методов синтеза новых порошковых жаропрочных сплавов на основе алюминидов титана и их практическую реализацию в технологиях селективного лазерного сплавления и создания композиционных материалов, характеризуется высокой актуальностью и практической значимостью.

По автореферату диссертации можно сделать следующие замечания:

1. На стр. 15 автореферата по результатам расчетов показателя напряжения  $n$  делается вывод о преобладании того или иного механизма деформации при температурах 800-900°C и 1000-1100°C, при этом упомянуты скольжения дислокаций и переползание дислокаций. Каким образом, была проведена оценка и почему не учитывается влияние процессов диффузионной ползучести?
2. На рисунке 8 автореферата приведены дифрактограммы сплава TNM-B1+Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> после СЛС, СЛС+ГИП и СЛС+ГИП+ТО. На дифрактограм-



мах через дробь обозначены фазы  $Ti_2AlNb / \beta$ . Фазы имеют разные кристаллические решетки. Насколько обоснованно приводить такое обозначение?

3. В автореферате не приведены данные по химическому составу сплава. При этом в соответствии с диаграммой фазового состояния  $Ti-Al$ , начиная при содержании  $Al > 45$  ат.% кристаллизации реализуется в  $\alpha$ -фазу, а на стр. 18 автореферата написано, что в процессе СЛС при кристаллизации происходит «формирования первичных кристаллов  $\beta-Ti$ ». Более того, «сформированные таким образом зерна фазы  $\beta-Ti$  сохраняются в сплаве после СЛС+ГИП (Рисунок 9)», хотя на фотографии микроструктуры отчетливо видно, что происходит превращение  $\beta$ -фазы.
4. Ключевыми проблемами при получении титановых сплавов на основе гамма-фазы при помощи порошковых аддитивных технологий являются повышенное содержание кислорода и появление трещин. Критическим для сплавов ответственного назначения считается содержание кислорода 0,2 %, в противном случае происходит существенно снижение пластических свойств, тем более для сплава на основе интерметаллидной фазы. Однако, минимальное содержание кислорода в порошке по данным автореферата составило 0,27%, хотя известно, что в процессе СЛС возможно дополнительное окисление. Чтобы избежать образования трещин в процессе СЛС осуществляется подогрев подложки до температур 900-1100°C, однако в автореферате об этом не упоминается.

Однако замечания не влияют на общую высокую оценку диссертации. Диссертационная работа является законченным научно-квалификационным исследованием и соответствует требованиям п.9 о присуждении ученых степеней утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям и Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор, Марков Георгий Михайлович, заслуживает

