

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Герман Марины Александровны «Влияние термической и термоводородной обработок на формирование структуры и механические свойства заготовок из ( $\alpha+\beta$ )-титановых сплавов, полученных по аддитивным технологиям», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Производство изделий из металлов и сплавов с помощью аддитивных технологий представляет в настоящее время большой практический интерес, так как открывает большие возможности для получения готовых изделий сложной конфигурации. Для этого во всем мире разрабатываются установки для 3D-печати, совершенствуются технологии получения порошков, создаются программные комплексы для моделирования и управления технологическими процессами при производстве изделий по таким технологиям. Однако актуальным остается вопрос управления процессом структурообразования в изделиях, полученных с использованием аддитивных технологий, так как, в конечном счете, для применения в той или иной отрасли промышленности необходимо обеспечение требуемого комплекса свойств изделий, который определяется фазовым составом, структурой и наличием или отсутствием дефектов и остаточных напряжений после технологий получения и различных режимов обработок.

Научную ценность работы представляют установление закономерностей формирования фазового состава и структуры сплавов типа Ti-6Al-4V, полученных по различным методам 3D-печати (селективное лазерное сплавление (СЛС) и прямое лазерное нанесение металла (ПЛНМ)), при термической и термоводородной обработке, а также анализ текстуры и остаточных напряжений, формирующихся в заготовках после 3D-печати и различных обработок.

Большую практическую значимость представляет технология термоводородной обработки заготовок из сплава Ti-6Al-4V, включающая наводороживающий отжиг до 0,8-0,85 масс.% водорода, охлаждение со скоростью 1 К/с до комнатной температуры и последующий вакуумный отжиг при 625-800°C. Разработанная технология позволяет преобразовать пластинчатую структуру в мелкодисперсную, до полутора раз повысить предел прочности без заметной потери показателей пластичности и существенно повысить циклическую долговечность.

К замечаниям по работе можно отнести следующее:


1. В таблице 2 приведены механические свойства образцов, полученных методом СЛС, в исходном и отожженном состоянии, а также сделан вывод о положительном влиянии отжига на пластические свойства и ударную вязкость. Следовало бы привести значения характеристик механических свойств согласно стандартам на тот или иной вид полуфабриката сплава, полученного по

промышленной технологии, чтобы дать более полную оценку уровню свойств сплава после технологии 3D-печати.

2. О наличии анизотропии свойств в образцах, полученных различными методами 3D-печати, автор изначально судит по результатам измерения твердости в зависимости от направления. Однако в работе механические свойства в зависимости от направления вырезки приведены только для образцов, полученных методом ПЛНМ (табл. 3). Следовало бы провести подобные исследования и для образцов, полученных методом СЛС, для подтверждения наличия или отсутствия анизотропии свойств в данном случае и оценки ее уровня.

Данные замечания носят рекомендательный характер и не снижают научную и практическую ценность работы, которая выполнена на высоком уровне. Диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ. Автор работы, Герман Марина Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Профессор кафедры теоретических  
основ электротехники, ведущий научный сотрудник  
научно-исследовательского  
института физики перспективных материалов  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный  
авиационный технический университет»  
доктор технических наук, доцент

  
20.11.2019

Парфенов Евгений  
Владимирович

Адрес организации: 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д.12  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»  
Электронный адрес: office@ugatu.su  
Телефон: 8 (347) 272-29-18

