

ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа посвящена исследованию закономерностей формирования структуры и текстуры в заготовках из сплавов Ti-6Al-4V и VT6, полученных селективным лазерным сплавлением и прямым лазерным нанесением металла по аддитивной технологии. При этом к управлению структурообразованием и обеспечения требуемого комплекса свойств в заготовках, полученных 3D-печатью, отечественные исследователи только что подступаются, т.к. еще существует множество проблем в этой новом для России секторе производства изделий с использованием аддитивных технологий. Прежде всего, это несовместимость зарубежных установок и используемого порошка, в частности титанового порошка, отсутствие производства отечественных установок и плохое качество российского порошка.

В диссертационной работе исследуются принципиально разные технологические методы 3D-печати. Первая за счет выборочного лазерного плавления Selective Laser Melting (SLM). В данной технологии слои мелкозернистого металлического порошка в виде сферических гранул под воздействием сверхмощного лазера сплавляются в среде инертного газа в цельнометаллические изделия. Вторая новая аддитивная технология DMD (Direct Metal Deposition), которая призвана перевести металлообработку и изготовление оснастки в новое русло. Этот метод прямого изготовления металлических деталей является важнейшим шагом в технологиях металлообработки за последние десятилетия. DMD позволяет получить нужные изделия из материалов с улучшенными характеристиками за меньшее время и с меньшими затратами, чем это позволяют известные аддитивные технологии. Поэтому считаем, что тема диссертационной работы своевременная и актуальная.

Научная новизна исследований заключается в том, что получены результаты влияния термической обработки на формирование структуры и свойства образцов из сплавов Ti-6Al-4V и VT6, полученных разными технологическими методами 3D-печати. Удачно была применена термоводородная обработка образцов из приведенных титановых сплавов. Такая технология состоит в наводороживании металла, технологических операциях с использованием благоприятных эффектов, обусловленных водородом, и вакуумном отжиге для снижения содержания водорода до концентраций, исключаящих развитие водородной хрупкости в деталях и конструкциях в процессе их эксплуатации.

Благоприятный эффект связан с тем, что водород достаточно легко и в больших количествах поглощается материалами на основе гидридообразующих элементов и так же легко удаляется из твердого раствора при термической обработке в вакууме. При этом не происходит изменения агрегатного состояния материала. Это позволяет использовать его в качестве временного легирующего элемента в металлических материалах на определенной стадии производства полуфабрикатов и изделий.

Практическая значимость исследований состоит в том, что введение в заготовки из сплава Ti-6Al-4V водорода и последующий вакуумный отжиг позволяет управлять процессом структурообразования. В результате была разработана технология термоводородной обработки в зависимости от содержания водорода и температуры вакуумного отжига, в результате чего можно преобразовать пластинчатую структуру α -фазы в мелкодисперсную структуру $(\alpha + \beta)$ -фазу.

Проведенные исследования показали, что метод SLM в сравнении с DMD обеспечивает формирование более однородной структуры с меньшей анизотропией свойств и уровнем остаточных напряжений, что связано с сильным β -стабилизирующим действием водорода. Однако обогащение первичной α -фазы алюминием может привести к ее упорядочению в отдельных микрообъемах образца с образованием α_2 -фазы на основе интерметаллида Ti_3Al , который является метастабильным и не свойственным данным сплавам в равновесном состоянии. Результаты таких исследований не приведены в материале автореферата. О стабильности структуры образцов, содержащей α_2 -фазу можно судить по изменению межплоскостных расстояний и по соотношению интенсивностей рентгеновской дифракции для рефлексов α и α_2 -фаз.

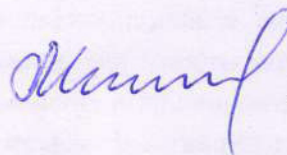
Приведенное замечание не снижает теоретической и практической значимости диссертационной работы, которая должна внести значимый вклад в производство изделий из титановых сплавов, полученных по аддитивным технологиям. Считаем, что диссертационная работа Герман Марины Александровны «Влияние термической и термоводородной обработок на формирование структуры и механические свойства заготовок из ($\alpha + \beta$)-титановых сплавов, полученных по аддитивным технологиям» удовлетворяет требованию ВАКа, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Академик РАН, доктор технических наук,
заведующий кафедрой обработки металлов
давлением федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С. П. Королева», профессор



Гречников
Федор Васильевич

Доктор технических наук,
профессор кафедры обработки металлов
давлением федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С. П. Королева»



В.А. Михеев

Служебный телефон: 8(846)2674601 E-mail: vamicheev@rambler.ru Служебный адрес:
443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, пятый корпус кафедра обработки металлов
давлением



Гречников Г.В., Михеев В.А.
Член экспертного совета
отдела сопровождения деятельности
Советов Самарского университета
Васильева И.П.
20__ г.