

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Герман Марины Александровны

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

Актуальность

Использование аддитивных технологий для получения заготовок и изделий из титановых сплавов является перспективным направлением развития современного материаловедения. Особенностью этих технологий является то, что в процессе производства исключаются этапы деформации материала, оказывающие значительное влияние на его структуру и свойства. Поэтому технологическое управление структурой заготовок и изделий, полученных по аддитивным технологиям, возможно только методами термической или специальных технологий, таких как термоводородная обработка (ТВО).

В связи с этим тема диссертационной работы Герман М.А., направленной на исследование закономерностей влияния термической и термоводородной обработок на структурообразование, механические свойства и остаточные напряжения заготовок из титановых сплавов, полученных различными методами аддитивного производства, является, несомненно, актуальной.

Общая характеристика работы

Работа имеет классическое для металловедения построение, в котором рассматривается влияние различных факторов (метода получения, режимов термической и термоводородной обработок) на структуру, текстуру, остаточные напряжения и комплекс механических свойств заготовок из

титановых сплавов, полученных при помощи аддитивных технологий. Заслуживает особого внимания попытка применить к таким заготовкам термоводородную обработку, которая успешно используется в некоторых случаях для преобразования структуры и свойств литых и деформированных полуфабрикатов и изделий из титановых сплавов. В работе показано, что сочетание наводороживающего и вакуумного отжига позволяет существенно изменить структуру материала, а, соответственно, и комплекс его механических свойств. Это открывает возможности более полноценного технологического управления характеристиками работоспособности готовых изделий, полученных по аддитивным технологиям.

Большое внимание в работе уделено закономерностям формирования текстуры и остаточных напряжений в заготовках, полученных различными методами аддитивных технологий. Очень важным моментом исследования является то, что эти характеристики привязаны к остаточным напряжениям, формирующимся в заготовках, что в будущем позволит использовать эти результаты для корректировки режимов 3D-печати и обеспечивать, в зависимости от требований, либо высокую анизотропию свойств, либо ее отсутствие.

Научная новизна

В работе установлены закономерности влияния метода получения заготовок из титановых сплавов (селективного лазерного сплавления и прямого лазерного нанесения металла) на изменение структуры, текстуры, остаточных напряжений и механических свойств материала при отжиге. Впервые показана возможность применения термоводородной обработки к заготовкам из титановых сплавов, полученных по аддитивным технологиям.

Практическая значимость

Определены режимы ТВО, позволяющие преобразовать исходную крупнопластинчатую структуру заготовок в мелкодисперсную. Это позволило достигнуть значительного увеличения прочностных свойств материала при сохранении достаточно высокой пластичности. Кроме того,

такая обработка позволяет существенно сократить разброс пластических характеристик материала и повысить его усталостную долговечность.

Практический интерес так же представляют исследования текстуры и остаточных напряжений в заготовках титановых сплавов, полученных различными методами аддитивного производства. В работе детально рассмотрено их формирование как в исходных заготовках, так и изменения в процессе термической и термоводородной обработок. Установленные закономерности могут быть эффективно использованы при выборе режимов и схем формирования заготовок при 3D-печати.

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов диссертационной работы не вызывает сомнений. Работа построена методически грамотно, основана на подробном изучении вопроса по литературным источникам. Методы исследования структуры и свойств материала достаточны для решения поставленных задач и полностью отвечают требованиям современного металловедения. Результаты экспериментов подвергались обработке методами математической статистики и позволяют полностью разделять ошибки опыта и действия отдельных факторов. В работе нет внутренних противоречий и несоответствия общепринятым положениям современного металловедения.

Замечания по работе

1. По результатам анализа состояния проблемы (Глава I) автор справедливо отмечает отсутствие сложившейся терминологии в области аддитивных технологий, что создает определенные трудности в работе с литературными публикациями. В тоже время при изложении своих материалов он использует понятия аддитивные технологии (АТ), аддитивное производство (АП), 3D-печать для описания одних и тех же процессов. Считаю, что в такой работе должны быть использованы однозначные термины, которые необходимо было поместить в работе на отдельной странице. Это же относится к понятиям «порошок» и «гранулы».

2. Было бы правильней, если бы в работе сравнивали свойства заготовок, полученных селективным лазерным сплавлением и прямым лазерным нанесением металла, близких по форме и габаритам. Это бы позволило более однозначно говорить о влиянии метода получения на анизотропию свойств и уровень остаточных напряжений.

3. В работе использовалась только одна скорость охлаждения образцов после наводороживающего отжига (1 К/с), что обусловлено, по-видимому, особенностями используемого оборудования. Требование ее соблюдения в разработанных технологических рекомендациях не всегда может быть выполнена из-за использования другого оборудования, большей массы садки и др. Желательно определить допустимый интервал скоростей охлаждения, в котором можно реализовать преимущества термоводородной обработки.

Сделанные замечания не снижают конечную ценность и практическую значимость работы.

Заключение

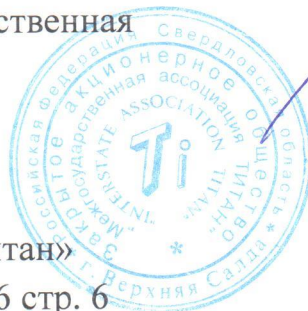
Представленная диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения преобразования структуры и повышения комплекса механических свойств заготовок из $(\alpha+\beta)$ -титановых сплавов, полученных различными методами аддитивного производства.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 7 научно-технических конференциях, опубликованы в 15 печатных работах, в том числе в 3 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в области машиностроения и медицины отраслевыми институтами ФГУП «ВИАМ», ОАО «ВИЛС», предприятиями ФО «Наука и инновации», ПВЦ «Лазеры и технологии» и др. при разработке технологии получения новых видов изделий.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всех требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор, Герман Марина Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Александров Андрей Валентинович,
Генеральный директор ЗАО «Межгосударственная
ассоциация Титан», к.т.н.



ЗАО «Межгосударственная ассоциация Титан»
121596, Россия, г. Москва, ул. Говорова, 16 стр. 6

20 ноября 2019 г.