

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Мамонтовой Натальи Александровны «Влияние обратимого легирования водородом на структуру и параметры сверхпластической деформации высоколегированного титанового сплава ВТ23», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность.

Применение новых инновационных технологий при обработке промышленных титановых сплавов с целью возможного повышения их технологических и/или эксплуатационных свойств несомненно является актуальной задачей. Более 30 лет на кафедре «Материаловедение и технология обработки материалов» проводятся фундаментальные и прикладные исследования по изучению влияния обратимого легирования водородом на структурообразование и изменение свойств титановых сплавов разных классов. Однако, не смотря на разработанные научные основы водородных технологий, их возможности далеко не исчерпаны. Одной из перспективных задач в этом направлении является разработка комплексных технологий получения полуфабрикатов из высокопрочных титановых сплавов с заданным уровнем технологических и механических свойств. Так, возможность получения листовых полуфабрикатов из титанового сплава ВТ23 с содержанием алюминия на уровне его предельной растворимости за счет использования термоводородной обработки (ТВО) в сочетании с пластической деформацией обеспечит им более высокий уровень технологических и эксплуатационных свойств.

Поэтому вопросы установления закономерностей формирования фазового состава, структуры, кристаллографической текстуры и механических свойств в титановом сплаве ВТ23, содержащем 6-6,5 % алюминия, при обратимом легировании водородом и разработке на этой основе технологии получения листовых полуфабрикатов, обладающих повышенными показателями сверхпластической деформации и прочностными характеристиками, рассмотренные в диссертационной работе Мамонтовой Н.А., несомненно являются актуальными.

Общая характеристика работы.

В работе проведен тщательный анализ последних достижений в области водородных технологий обработки титановых сплавов. Показана возможность применения термоводородной обработки для управления их структурой и свойствами, а также водородного пластифицирования для облегчения процесса пластической деформации.

Основное внимание в работе уделено изучению закономерностей формирования фазового состава и структуры в сплаве ВТ23 под действием водорода. Результатом исследований стала построенная автором диаграмма «фазовый состав – концентрация водорода – температура наводороживающего отжига», показывающая изменение фазового состава сплава ВТ23 при нормальной температуре в зависимости от температуры наводороживающего отжига и содержания водорода, которая имеет не только важное научное, но и практическое значение.

Автором детально изучен процесс структурообразования в процессе дегазации и взаимосвязь формируемой структуры с механическими свойствами сплава ВТ23. Показано, что термоводородная обработка позволяет создать в сплаве ВТ23 структуру, содержащую α_2 -фазу, не свойственную ему в равновесных условиях. Изучены вопросы термической стабильности такой структуры в зависимости от температуры нагрева и времени выдержки, а также старения в вакууме, позволяющего получить значения прочности до 1300 МПа.

Большое внимание автором уделено процессам текстурообразования в сплаве ВТ23 на всех технологических стадиях получения листового полуфабриката. Показано, какая из технологических схем позволяет получить лист с минимальной анизотропией свойств.

Проведенные испытания на сверхпластическую деформацию полученных по опытной технологии листовых полуфабрикатов показали, что создание в сплаве с помощью сочетания термоводородной обработки с водородным пластифицированием гетерофазной структуры, содержащей некогерентные частицы α_2 - и α -фаз, позволило снизить максимальное напряжение течения в 4-7 раз и в 3 раза повысить пластичность по сравнению с образцами, вырезанными из плиты, полученной по промышленной технологии, а последующая упрочняющая обработка в вакууме позволила повысить значение прочности до 1100-1300 МПа.

Научная новизна.

К основным научным достижениями диссертационной работы Мамонтовой Н.А. можно отнести:

- построение температурно-концентрационной диаграммы изменения фазового состава сплава ВТ23 в зависимости от содержания водорода и диаграммы термической стабильности гетерофазной ($\alpha_2+\alpha+\beta$)- структуры;
- закономерности изменения размера структурных составляющих в листовом полуфабрикате из сплава ВТ23 в зависимости от температурных параметров наводороживающего отжига;
- изменение кристаллографической текстуры β -фазы под действием водорода.

Практическая значимость заключается:

- в разработке технологии получения листового полуфабриката с субмикроструктурной структурой из горячекатаной плиты высокопрочного титанового сплава ВТ23, содержащего более 6,0% Al, и упрочняющей термической обработки после сверхпластической деформации при температуре 800°C. Наводороживающий отжиг до 0,7 масс.% водорода при температуре 800°C с последующей пластической деформацией при 700°C и вакуумным отжигом при температуре 625°C позволяет получить гетерофазную субмикроструктурную структуру, содержащую некогерентные частицы α_2 -фазы, обедненные алюминием, и частицы вторичной α -фазы, что обеспечивает наилучшие характеристики сверхпластичности: малые напряжения течения и наибольшее относительное удлинение. Последующая упрочняющая обработка в вакууме при температурах 450-550°C в течение 4-10 часов позволяет увеличить прочность материала в изделии с 800-900 МПа до 1100-1300 МПа.

Достоверность полученных результатов.

Обоснована методически правильным проведением исследований и испытанием материалов на поверенном оборудовании с использованием лицензионного программного обеспечения, обработкой результатов эксперимента методами математической статистики, совпадением теоретических и экспериментальных результатов, апробацией результатов работы на 15 научно-технических конференциях и семинарах, а также их опубликованием в 3 статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК.

Вместе с тем по работе есть несколько вопросов и замечаний:

1. Сплав ВТ23 по ТУ не может содержать более 6,3% алюминия. Поэтому утверждения автора о разработке технологий обработки сплава, содержащего 6,0...6,5% алюминия нуждаются в уточнении (Глава 5, выводы по работе 7 и 8).
2. По мнению оппонента, не совсем корректным являются утверждения типа «...обогащенной алюминием $\alpha(\alpha_2)$ –фазы». Если речь идет об повышенной концентрации алюминия в α -фазе, то имеем одну фазу, а если есть и α_2 -фаза, то это уже две фазы. В частности, на рис. 3.8 (рис.1 автореферата) в случае утверждения диссертанта об одной $\alpha(\alpha_2)$ -фазе нарушается правило фаз. На этом же рисунке не совсем корректно наносить сплошной линией границу раздела $\beta+\alpha'$ и β . В предложенном варианте следует говорить о метастабильной диаграмме. Кроме того, линия, разделяющая области $(\alpha + \beta)$ и β фаз, при отсутствии водорода должна пересекать ось ординат при температуре полиморфного превращения, которая по утверждению диссертанта составляет 970°C.
3. Диссертант утверждает, что частицы α_2 –фазы некогерентны, ссылаясь на рис.4.6 диссертации (стр.141). Однако на представленном рисунке, на котором из 4-х фотографий есть только две) нет ни частиц α_2 –фазы, ни ее темнопольных изображений, ни конкретного рефлекса, в котором эти изображения должны были быть получены. Кроме того, текст работы «...Это обусловлено тем, что после наводороживающего отжига структура сплава представлена β -фазой и небольшим количеством мартенсита (рисунок 4.6).» (стр.139) говорит несколько о другом. Последующий текст на стр. 142 «...Частицы α -фазы размером 200-400 нм образуются, по-видимому, в процессе вакуумного отжига, и частицы размером около 1000 нм - это сохранившиеся в структуре в процессе всего технологического процесса частицы первичной α -фазы. Эти «крупные» частицы в большей части представляют собой некогерентные частицы α_2 -фазы (рисунок 4.6).» не имеет никаких доказательств. Для доказательства некогерентности выделений необходимо произвести расчет исходя из соотношения периодов решеток и размеров рассматриваемых фаз.
4. По мнению диссертанта в процессе сверхпластической деформации происходит переход от трехфазной метастабильной $(\alpha+\alpha_2 + \beta)$ структуры к равновесной двухфазной $(\alpha + \beta)$. При этом температуры деформации находятся в интервале образования α_2 –фазы (см.главу 3). Необходимо объяснить механизм такого процесса.

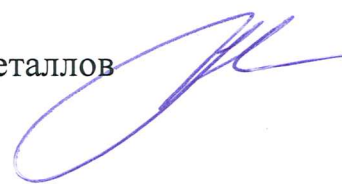
Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Диссертация написана технически-грамотным языком, оформление работы соответствует действующим стандартам.

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основе изучения формирования фазового состава, структуры и текстуры сплава ВТ23 в процессе обратимого легирования водородом и пластической деформации показана возможность получения листовых полуфабрикатов из плиты сплава ВТ23, содержащей до 6,5 масс.% алюминия, обладающих повышенными показателями сверхпластической деформации и прочностными характеристиками, что вносит существенный вклад в развитие материаловедения конструкционных титановых сплавов, как материалов с уникальным сочетанием технологических и физико-механических свойств.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

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

Попов Артемий Александрович
Заведующий кафедрой термообработки и физики металлов
ФГАОУ ВО УрФУ, д.т.н., профессор
04.06.2018 г.



Подпись Попова А.А. удостоверяю,

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
+7 (343) 3745964
rector@urfu.ru
<https://urfu.ru>



Начальник
Общего отдела УДИОВ
И. М. КОСАЧЕВА