

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной и инновационной работе



Ю.М. Боровин

2018 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» 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 темы диссертации

В настоящее время в условиях динамично развивающейся авиационной техники для изготовления элементов листовых конструкций актуально использование титановых сплавов средней и высокой прочности. Типичным представителем двухфазных сплавов этой группы является сплав ВТ23. Возможность увеличения объемов использования титановых сплавов определяется разработкой новых технологических методов получения полуфабрикатов и изделий. Одним из таких экономически эффективных методов является сверхпластическая деформация материала, позволяющая получать сложные по форме изделия с высокой удельной прочностью.

Реализовать возможность сверхпластической деформации в титановых сплавах удастся при создании в полуфабрикате регламентированной структуры, сочетающей как правило, небольшие размеры  $\beta$ -зерна и частиц  $\alpha$ -фазы с низким сопротивлением текучести. Это удастся обеспечить в  $\alpha+\beta$  титановых сплавах с малым (до 4% по массе) содержанием алюминия. Однако в таких материалах не удастся реализовать весь возможный ресурс прочности изделий. При использовании сплавов с большим содержанием алюминия в процессе обработки может

образовываться  $\alpha_2$ -фаза на основе интерметаллида  $Ti_3Al$ , резко ограничивающая пластичность материала. Поэтому разработка новых технологических решений, направленных на создание регламентированной структуры в высокопрочном титановом сплаве ВТ23 с высоким (до 6,3%) содержанием алюминия для обеспечения возможности его сверхпластической деформации, является актуальной научной задачей металловедения и имеет важное практическое значение.

#### Общая характеристика работы.

В качестве основного метода управления структурой сплава ВТ23 Мамонтова Н.А. использует комплексную водородную обработку, включающую термодиффузионное насыщение водородом заготовок, позволяющее преобразовать фазовый состав сплава для обеспечения возможности деформации материала при пониженных (до 700 °С) температурах и формирования регламентируемой структуры при последующем удалении водорода в процессе вакуумного отжига. Реализация этапа сверхпластической деформации и окончательного старения обеспечивает высокий комплекс механических свойств готового изделия.

#### Характеристика научной новизны

1. В диссертационной работе Мамонтовой Н.А. впервые построена температурно-концентрационная диаграмма системы сплав ВТ23 – водород, позволяющая определить условия формирования упорядоченной  $\alpha_2$ -фазы на основе  $Ti_3Al$  и ее устойчивости при последующем вакуумном отжиге и деформации.
2. В работе установлены закономерности изменения текстуры исходного горячекатаного полуфабриката в процессе термоводородной обработки, заключающиеся в том, что наводороживающий отжиг горячекатаной плиты из сплава ВТ23 приводит к переходу компонентов текстуры деформации  $\{100\} \langle 110 \rangle$  и динамической рекристаллизации  $\{110\} \langle 110 \rangle$   $\beta$ -фазы в кубический компонент текстуры  $\{100\} \langle 100 \rangle$ .

#### Практическая значимость работы

На основе полученных в диссертационной работе Мамонтовой Н.А. результатов разработана технологическая схема и режимы получения листового полуфабриката из плиты сплава ВТ23 с повышенным содержанием алюминия и его

последующей сверхпластической деформации, которые позволяют повысить прочность материала в готовом изделии до 1100-1300 МПа.

Такая комбинированная технология, включающая этапы термоводородной обработки, деформации и термической обработки, может быть успешно применена как для производства готовых изделий, так и для изготовления отдельных деталей для последующей диффузионной сварки и формирования сложных конструкций. Разрабатываемый автором подход может быть применим и для других высокопрочных конструкционных сплавов титана с высоким содержанием алюминия, таких как ВТ22.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием современного поверенного оборудования с лицензионным программным обеспечением, проведением испытаний и измерений в соответствии с ГОСТ, хорошим совпадением экспериментальных данных и теоретических расчетов, использованием методов математической статистики при обработке результатов.

#### Замечания по диссертации

1. При описании процесса прокатки наводороженной плиты сплава ВТ23 в главе IV (стр. 134) с суммарной степенью обжатия 80% не указано количество проходов и условия подогрева заготовки. В то же время дробность деформации и наличие промежуточных отжигов должны оказывать значительное влияние на формирование структуры и текстуры листа, которые изучаются на данном этапе работы.
2. Из текста диссертации не ясно, какие размеры имела заготовка плиты для наводороживания, если максимальная садка установки для насыщения была 150 мм, и как контролировалось распределение водорода по сечению заготовки.
3. Для определения оптимальных условий сверхпластичности необходимо было исследовать влияние скорости деформации на напряжение течения, коэффициент  $m$  и относительное удлинение. Поэтому трудно сравнивать разные режимы обработки, поскольку для одних скорость деформации оптимальна, а для других нет.
4. В диссертации указано, что результаты экспериментов были обработаны методами математической статистики (стр. 81). Однако в методической части работы, к сожалению, не отмечено, сколько измерений проводили на один режим

испытаний. На графиках, отражающих результаты экспериментальных исследований, желательно было показать экспериментальные точки вместе с доверительными интервалами. Это способствовало бы большей убедительности выводов автора.

5. В тексте диссертации есть опечатки и неточности: так, в пункте 2 научной новизны содержится опечатка, обозначающая кубический компонент текстуры  $\beta$ -фазы как  $\{100\} \langle 110 \rangle$  вместо  $\{100\} \langle 100 \rangle$ ; на стр. 64 рис. 1.13 неточные пояснения на рисунках; на с. 49 указано, что СПД реализуется при температурах выше температуры плавления; структура, представленная на рис 3.1 б, идентифицируется как глобулярная, но точнее ее следует отнести к переходному классу.

Сделанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы и ее общей высокой оценки.

Диссертация Мамонтовой Н.А. выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой получены теоретические и экспериментальные результаты и технологические решения, основанные на применении термоводородной обработки, позволяющие научно обоснованно определять режимы формирования регламентированной структуры в полуфабрикатах из сплава ВТ23 с повышенным содержанием алюминия для обеспечения условий реализации сверхпластической деформации и обеспечения высокого комплекса механических свойств материала готового изделия.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 15 научно-технических конференциях, опубликованы в 12 печатных работах, в том числе в 3 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в различных областях машиностроения для изготовления деталей конструкций готовых изделий.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Кафедра «Материаловедение» рассмотрела диссертационную работу Мамонтовой Н.А. (протокол № 11 от 23 мая 2018 года; на заседании присутствовало 20 членов из 23; результаты голосования: «за» – 20, против – нет, воздержавшихся – нет) и пришла к следующему заключению:

- по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842;

- Мамонтова Наталья Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Заведующий кафедрой «Материаловедение»  
д.т.н., профессор

А.Д. Шляпин

e-mail: 6883412@mail.ru

Тел: 8-916-688-34-12

Московский политехнический университет  
107023, г.Москва, ул.Б.Семеновская, д.38  
Электронная почта: [mospolytech@mospolytech.ru](mailto:mospolytech@mospolytech.ru)  
Адрес в сети интернет: <http://mospolytech.ru/>  
Телефон: +7 (495) 223-05-23

