

ЗАО “Межгосударственная Ассоциация Титан”
JSC “Interstate Association Titan”



121596, Tel. +7-495-446-89-50

www.titan-association.com

Дата 26.11.2021 № АТ-1/198

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Шмыровой Алисы Владимировны на тему «Прогнозирование механических свойств деформированных полуфабрикатов из титановых сплавов в зависимости от их химического состава и структуры», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность. В настоящее время сплавы на основе титана являются материалами, надежно зарекомендовавшими себя в различных областях техники. Начиная с момента их создания, объем и области применения титановых сплавов непрерывно увеличиваются, несмотря на периодические спады производства как в зарубежных странах, так и в Российской Федерации.

За годы исследования титана достигнуты большие успехи в производстве титановых изделий, освоено производство всех видов полуфабрикатов, области применения титановых сплавов расширились от авиации до медицины и товаров народного потребления. Следует также отметить значительное повышение качества полуфабрикатов, достигнутое благодаря улучшению состава, структуры и свойств. Вместе с тем, производство полуфабрикатов со строго регламентированными параметрами структуры до сих пор представляет собой непростую технологическую проблему. Систематические исследования по влиянию

структурного фактора на механические свойства при различных температурах эксплуатации ряда наиболее распространенных титановых сплавов были проведены в ВИЛСе Бруном М.Я. с сотрудниками в 1970-90х годах прошлого века. Наиболее изученным стал сплав ВТЗ-1, который в то время был основным жаропрочным титановым сплавом. В последние годы происходит его замена в некоторых применениях на более технологичный сплав ВТ6. Однако для этого сплава не были проведены столь масштабные исследования по влиянию параметров структуры на свойства при различных температурах, как для сплава ВТЗ-1.

К настоящему времени фундаментальные связи между составом, структурой, технологией и свойствами титановых сплавов можно считать установленными, но для разработки методов прогнозирования механических свойств при различных температурах необходимо выявить количественные зависимости с учетом статистического характера их формирования.

В связи с этим, диссертационная работа Шмыровой А.В., направленная на установление статистических закономерностей совместного влияния химического состава и структуры на механические свойства титановых сплавов при температурах эксплуатации и разработку достоверных методов их прогнозирования, является актуальной и перспективной.

Общая характеристика работы

В диссертационной работе освещено современное состояние научных исследований по влиянию химического состава, структуры, температуры испытания на механические свойства титановых сплавов. Наиболее подробно эти вопросы рассмотрены для сплавов типа Ti-6Al-4V. Литературные сведения использованы для изучения статистических закономерностей влияния температуры испытания на предел прочности титановых сплавов разных классов в отожженном состоянии, зависимостей предела прочности α -, псевдо α -, $\alpha+\beta$ -титановых сплавов от прочностных эквивалентов по алюминию и молибдену при температурах 20-600°C. На основе проведенных исследований построены диаграммы «Предел прочности – эквивалент по алюминию – эквивалент по молибдену» при температурах 20-600°C.

Для статистической оценки влияния марочного состава, типа и параметров структуры на механические свойства различных полуфабрикатов из титановых сплавов типа Ti-6Al-4V были использованы не только литературные данные, но и результаты производственных испытаний и промышленного контроля, а также экспериментальных исследований. На основе этих данных разработаны регрессионные модели для прогнозирования механических свойств промышленных прутков из различных модификаций сплавов типа Ti-6Al-4V при комнатной температуре, а также проведена статистическая оценка влияния колебаний марочного состава и температуры нагрева под закалку на механические свойства поковок дисков сплава ВТ6. На основании проведенных исследований предложены рекомендации для обеспечения требований отраслевых стандартов к механическим свойствам прутков диаметром 16-155 мм и штампованных поковок из сплава ВТ6.

Научная новизна.

Автор внес существенный вклад в представления о связи механических свойств титановых сплавов с температурой испытания, химическим составом, типом и параметрами структуры. Заслуга автора состоит не в подтверждении общих положений, а в обосновании конкретных количественных связей. Так, в частности статистически обосновано деление на кластеры различных сплавов по степени снижения предела прочности с ростом температуры; установлены зависимости, которые позволяют проводить прогнозирование предела прочности отоженных полуфабрикатов в условиях эксплуатации, если известно его значение при комнатной температуре. Предложена корректировка моделей, на основании которых можно оценить при комнатной температуре механические свойства промышленных прутков из различных модификаций сплава Ti-6Al-4V. Статистически обосновано, что влияние ванадия и железа на пластичность и ударную вязкость незначимо в исследованных пределах и его можно не учитывать для оценки этих характеристик.

На основе обобщения литературных сведений выявлена степень влияния эквивалента по алюминию на предел прочности титановых сплавов при разных

температурах и построена диаграмма в координатах «Предел прочности – эквивалент по алюминию – эквивалент по молибдену», которая позволяет с одной стороны проводить прогнозирование, а с другой – моделирование химического состава сплава с заданным уровнем прочности при температурах от комнатной до 600°C.

Получены новые экспериментальные данные о совместном влиянии химического состава, типа и параметров структуры на механические свойства катаных прутков сплава ВТ6. Построены диаграммы, на основании которых обоснованы значения эквивалентов по алюминию и молибдену и параметров структуры, которые обеспечивают выполнение требований отраслевых стандартов к механическим свойствам.

Практическая значимость.

В диссертации получен целый ряд результатов, имеющих важное практическое значение. Статистически обоснованы различные уравнения регрессии, которые позволяют осуществлять прогнозирование кратковременных механических свойств деформированных полуфабрикатов в зависимости от температуры испытания, химического состава, типа и параметров структуры. Для штамповок дисков из сплава ВТ6 предложены рекомендации по корректировке состава шихты для исключения возможности появления значений относительного удлинения и ударной вязкости, выходящих за трехсигмовый интервал.

Достоверность результатов.

Основные положения диссертации и общие выводы по ней достоверны, что обусловлено использованием современных методов статистического исследования зависимостей свойств полуфабрикатов из титановых сплавов от их химического состава, структуры и термической обработки, согласованием полученных результатов с современными представлениями научного материаловедения, широким использованием статистических методов оценки достоверности полученных данных, применением современных программных средств обработки и анализа данных.

Замечания:

1. В тексте диссертации нет достаточного объяснения причин, определяющих влияние разных типов структуры и размеров структурных составляющих на механические свойства прутков сплава ВТ6.
2. Научный и практический интерес представляет установление количественных зависимостей предела прочности титановых сплавов от температуры эксплуатации полуфабрикатов с различной структурой, что желательно было исследовать в ходе выполнения работы. Кроме этого, не указано, какую структуру имели прутки и листы, выбранные для исследования температурных зависимостей предела прочности сплавов разных классов.
3. Кратковременная прочность не может быть единственной характеристикой для оценки жаропрочности титановых сплавов. Поэтому целесообразно было также статистически проанализировать длительную прочность и предел ползучести в зависимости от химического состава, структуры, температуры испытания.
4. В тексте есть мелкие опечатки; на некоторых рисунках с микроструктурой отсутствует увеличение, например, рис. 4.3.11-4.3.15, 4.4.1; рисунки 1.7.2, 1.7.16 имеют низкое качество и др.

Следует отметить, что сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации и относятся к пожеланиям, говорящим о важности проведенной работы и полученных в ней результатов.

Заключение.

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения, связанные с разработкой методов прогнозирования механических свойств деформированных полуфабрикатов из титановых сплавов при температурах эксплуатации в зависимости от их химического состава и структуры.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 22 научно-технических конференциях, опубликованы в 29 печатных

работах, в том числе в 4 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в машиностроении, медицине, аэрокосмической технике и других наукоемких отраслях промышленности.

Автореферат полностью отражает 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 Шмырова Алиса Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Генеральный директор

ЗАО «Межгосударственная ассоциация Титан»

К.т.н.



Александров

Андрей Валентинович

Адрес организации: 121596, Москва, ул. Говорова, д.16, стр.6

Наименование организации: ЗАО «Межгосударственная ассоциация Титан»

Электронный адрес: isat91@gmail.com

Телефон: +7(495) 446-89-50