

ОТЗЫВ

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

С момента создания титановой промышленности в СССР и странах Запада в послевоенные годы, бурное развитие которой подстегнул стремительный прогресс в области авиации и космонавтики, накоплен весьма значительный фактологический материал по испытаниям и эксплуатации титановых сплавов, в том числе и по механическим свойствам деформированных титановых полуфабрикатов. Стремительное развитие вычислительной техники и методик работы с большими базами данных (т.н. «big data») открывает значительные перспективы создания математических моделей, позволяющих установить статистически значимые связи между компонентами многомерной системы «марочный состав – структура – свойства полуфабриката». Что особенно ценно применительно к титановым сплавам, т.к. сложность их моделирования обусловлена крайней структурной чувствительностью и неоднозначностью влияния типа и параметров структуры на комплекс механических свойств. Решение поставленной задачи позволит более эффективно совершенствовать технологические процессы, разрабатывать титановые сплавы с заранее заданными свойствами, а также повышать качество получаемых полуфабрикатов.

При этом область применения титановых сплавов накладывает требование обеспечения высоких механических свойств при повышенных температурах долговременной эксплуатации (до 600 °С). Однако до сих пор не установлены количественные зависимости прочностных свойств титановых сплавов разных классов от эквивалентов по алюминию и молибдену при

различных температурах испытания, сопоставимых с условиями эксплуатации. Решение данной задачи позволит более эффективно разрабатывать высокожаропрочные титановые сплавы и совершенствовать уже имеющиеся.

Перечисленные положения определяют **актуальность темы диссертационной работы** Шмыровой Алисы Владимировны.

При выполнении работы были использованы современные **методы исследования**: металлографический анализ, испытания на растяжение, ударную вязкость, измерение твердости, комплексный статистический анализ больших массивов экспериментальных и литературных данных, а также результатов производственных испытаний и промышленного контроля.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней впервые:

- выявлено 8 групп серийных титановых сплавов с одинаковой интенсивностью снижения предела прочности с ростом температуры;
- разработаны зависимости, которые позволяют проводить прогнозирование уровня прочности отожженных полуфабрикатов в условиях эксплуатации, если известно его значение при комнатной температуре;
- статистически обосновано, что основной вклад в сохранение прочности при повышенных температурах вносят элементы, эквивалентные алюминию;
- построены прочностные диаграммы в координатах «Предел прочности – эквивалент по алюминию – эквивалент по молибдену», которые позволяют проводить моделирование состава сплава с заданным уровнем прочности при температурах 20-600 °С;
- уточнены модели для оценки предела прочности, характеристик пластичности и ударной вязкости кованных, прессованных и катаных прутков разного диаметра из сплавов типа Ti-6Al-4V (BT6, BT6C, Grade 5, Grade 23) после стандартного отжига;
- установлены значения эквивалентов по алюминию и молибдену с учётом параметров структуры, обеспечивающие выполнение требований ОСТ1 90173-75 и ОСТ1 90266-86 к механическим свойствам катаных прутков

диаметром 16-155 мм из сплава ВТ6.

Практическая значимость диссертации обусловлена тем, что при её выполнении были разработаны регрессионные модели для оценки средних типичных значений предела прочности отождённых прутков и листов разных сплавов в зависимости от эквивалентов по алюминию и молибдену и температуры испытания в интервале от 20 °С до 600 °С; разработаны регрессионные модели для прогнозирования механических свойств промышленных прутков из различных модификаций сплавов типа Ti-6Al-4V в зависимости от колебаний химического состава после стандартного отжига; предложены рекомендации по корректировке химического состава поковок дисков сплава ВТ6 на основе вероятностно-статистического подхода.

Можно сделать **следующие замечания**:


1. По оформлению – в автореферате имеется перенос марки сплава, числового значения и единицы измерения, а также обозначения стандарта на разные строки, что является нежелательным и неудобным для чтения. Для предотвращения вышеуказанного целесообразно использовать приёмы типа «неразрывный пробел» в MS Word.
2. С практической точки зрения представляет интерес оценка экономического эффекта от изменения допускаемого интервала содержания легирующего компонента в титановом сплаве. С одной стороны, сужение данного значения приведёт к удорожанию технологии получения титанового сплава, с другой, позволит упростить или даже исключить операцию входного контроля потребителем вследствие гарантированного обеспечения механических свойств, регламентируемых стандартом на материал.

Однако эти замечания **не влияют на общую положительную оценку** диссертационной работы.

Диссертационная работа Шмыровой Алисы Владимировны имеет научную и практическую ценность и представляется законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему.

Считаю, что представленная работа удовлетворяет критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и установленным Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Шмырова Алиса Владимировна, **заслуживает присуждения** учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Ведущий конструктор сектора
конструирования наземных систем
Филиала АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга,
кандидат технических наук

 А.О. Штокал
12.11.2021 г.

Подпись Александра Олеговича Штокала заверяю:

Заместитель главного конструктора
Филиала АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга



 Е.А. Никишкин
12.11.2021 г.

Домашний адрес: 248001, РФ, г. Калуга, ул. Плеханова, д. 43, кв. 10

Рабочий телефон: +7 (930) 753-01-15

Личный телефон: +7 (920) 611-87-99

E-mail: cuauthemocl@yandex.ru