

Отзыв
официального оппонента

на диссертационную работу Чибисовой Евгении Валерьевны
«Прогнозирование и обоснование стабильности механических свойств
деформированных полуфабрикатов из титановых сплавов», представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.17 – Материаловедение (технические науки)

Актуальность

Диссертационная работа посвящена решению одной из актуальных проблем прикладного металловедения – разработке надежных методов прогнозирования механических, эксплуатационных и технологических свойств титановых сплавов, обеспечивающих высокую работоспособность изделий и конструкций. Это связано, прежде всего, с активным развитием материаловедения и технологий обработки с использованием компьютерного моделирования материалов, прогнозирования структуры и комплекса механических свойств, а также с созданием баз данных по различным свойствам конструкционных материалов не только в соответствии с паспортом, но и для конкретных полуфабрикатов.

В связи с этим не вызывает сомнений актуальность диссертационной работы Чибисовой Е.В., направленной на разработку достоверных методов прогнозирования и повышения качества полуфабрикатов на основе установления статистических закономерностей влияния химического состава, структуры, режимов термической обработки на свойства титановых сплавов.

Общая характеристика работы

За годы производства и применения титана и его сплавов проведены многочисленные исследования, посвященные изучению закономерностей влияния легирующих элементов и примесей, типа и параметров структуры, режимов термической обработки на различные характеристики титановых сплавов. Необходимо отметить, что механические свойства титана и его сплавов сильно зависят от условий деформации, режимов термической

обработки, типа и параметров структуры. Поэтому прогнозирование технологических и механических свойств титановых сплавов представляет довольно трудную и сложную задачу. Для ее решения в работе были проведены комплексные статистические исследования химического состава, температуры полиморфного превращения (Тпп) и механических свойств различных полуфабрикатов из титановых сплавов за период с 1970-х по 2016 год. В качестве исходных данных использованы не только литературные источники и результаты экспериментов, но и значительный объем промышленных данных по сдаточному и входному контролю полуфабрикатов, изготовленных на разных предприятиях, выпускающих титановую продукцию. Это позволило установить значения разброса химического состава, Тпп и механических свойств, характерные для современного технологического уровня производства, и обосновать предложения по повышению качества полуфабрикатов. В качестве обобщенных характеристик степени легирования сплавов в работе выбраны эквиваленты легирующих элементов и примесей по алюминию и молибдену, что дало возможность с достаточно высокой степенью достоверности разработать модели для прогнозирования свойств титановых сплавов с учетом данных об их химическом составе.

Научная новизна

Диссертантом на основе детального статистического анализа опубликованных и промышленных данных уточнена степень влияния кислорода (и как примеси, и как легирующего элемента) на предел прочности титана и его сплавов, что дало возможность провести корректировку формулы для расчета прочностного эквивалента по алюминию с учетом возможности легирования кислородом титана до 0,4% и его сплавов до 0,25%.

Установлено, что легирование сплавов типа Ti-6Al-4V алюминием и кислородом по верхнему пределу легирования, но в пределах технических нормативов, может приводить к появлению значений эквивалента по

алюминию, превышающему 9%, и образованию алюминида титана. Поэтому среднее расчетное значение эквивалента по алюминию не должно превышать 8,0 % при стандартном отклонении не более 0,25%.

Статистически обосновано, что доля вариации температуры полиморфного превращения и механических свойств прутков и поковок из сплавов Ti-6Al-4V и ВТЗ-1 после стандартной термической обработки зависит от величины колебаний марочного состава (в перерасчете на эквиваленты по алюминию и молибдену) и для прочностных свойств может достигать 40%. Для повышения стабильности свойств рекомендованы следующие предельно допустимые колебания химического состава: стандартные отклонения для эквивалентов по алюминию и молибдену не должны превышать 0,25 и 0,15% (по массе) соответственно.

На основе результатов промышленного контроля выявлены статистические зависимости температуры полиморфного превращения от химического состава и построена диаграмма «эквивалент по алюминию – эквивалент по молибдену – $T_{ПП}$ », что дает возможность проводить прогнозирование этой температуры с доверительной вероятностью 0,95.

Практическая значимость

Практическое значение диссертации заключается в обосновании принципиальной возможности статистического прогнозирования $T_{ПП}$ слитков разных сплавов и механических свойств катаных прутков из сплава ВТ6, штампованных поковок из титановых сплавов ВТЗ-1 и 10-2-3 в зависимости от эквивалентов по алюминию и молибдену, структуры и режимов термической обработки (с доверительной вероятностью 0,95 и ошибками, определяемыми современным уровнем развития производства).

На основе проведенных статистических исследований и теоретической оценки разработаны рекомендации для определения расчетных значений (с учетом технологического разброса) основных компонентов и примесей, а также режимов простого отжига, обеспечивающих повышение стабильности

химического состава, температуры полиморфного превращения и механических свойств полуфабрикатов из сплавов типа Ti-6Al-4V.

Разработан прототип открытой веб-платформы для обобщения экспериментальных, теоретических и производственных данных; для публикации и обсуждения математических моделей, предназначенных для моделирования титановых сплавов и прогнозирования их свойств. Разработана архитектура базы данных и пользовательский интерфейс системы.

Достоверность результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждена результатами большого объема выполненных исследований и экспериментов, проведенных с использованием современных статистических методов и аттестованного оборудования. Интерпретация полученных экспериментальных зависимостей и трактовка предложенных теоретических положений не противоречат классическим научным представлениям, принятым в материаловедении и технологии конструкционных материалов.

Замечания

1. Одной из задач диссертации является оценка стабильности химического состава и свойств полуфабрикатов из титановых сплавов. В литературном обзоре следовало более четко и полно рассмотреть вопрос, что такое «стабильность», какие существуют нормативные документы или ГОСТы, связанные с этим понятием; как проводится оценка стабильности в производственных условиях. Кроме этого, в методике проведения исследований необходимо было более четко осветить методы оценки стабильности, которые использованы в диссертации.
2. С научной точки зрения для двухфазных сплавов интересно оценить прочность α - и β -фаз в зависимости от их химического состава, что

позволило бы разработать методы прогнозирования $\alpha+\beta$ -сплавов в зависимости от соотношения фаз и прочности фазовых составляющих.

3. Одной из наиболее известной и используемой на производстве системой является программа JMatPro, которая используется для моделирования и прогнозирования свойств сталей и сплавов, необходимых для анализа процессов обработки металлов давлением, термической обработки, обработки резанием, процессов литья, расчетов конструкций на прочность и т.д. Зачем создавать еще одну автоматизированную информационную систему с возможностью прогнозирования? Имеет ли она какие-либо перспективы?
4. Для катаных прутков из сплава ВТ6 получены регрессионные модели для прогнозирования механических свойств в зависимости от типа структуры и химического состава. Проверка полученных зависимостей показала приемлемое соответствие расчетных и фактических значений механических свойств. Однако целесообразно было провести верификацию предложенных моделей в производственных условиях.
5. В тексте диссертации есть опечатки, в табл. 1.1.1 пропущено значение разброса для сплава ВТ6ч, на рис. 3.2.11 приведено некорректное увеличение, на стр. 127 неправильно указан символ хрома и др. В автореферате на рис. 4 отсутствует обозначение по оси абсцисс.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

6. 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 по прогнозированию и обеспечению стабильности свойств деформированных полуфабрикатов из титановых

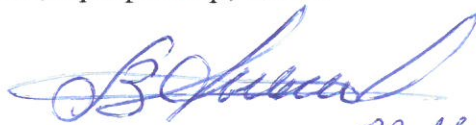
сплавов в зависимости от их химического состава, структуры и термической обработки.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 23 научно-технических конференциях, опубликованы в 46 печатных работах, в том числе в 12 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в авиационной, машиностроительной, медицинской и других 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 Чибисова Евгения Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Заведующий кафедрой «Материаловедение»
ФГАОУ ВО «Московский политехнический
университет», профессор, д.т.н.



08.11.2021

Овчинников
Виктор Васильевич

Адрес организации: 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38
Наименование организации: ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»
Электронный адрес: vikov1956@mail.ru
Телефон: 8-962-967-55-11

подпись Овчинникова В.В. заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО
КАДРОВОМУ
ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ
ШИПЕВА Е. Д.

