

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 последние годы активно развивается такое перспективное направление в науке о материалах, как информационное материаловедение. В частности, оно связано с прогнозированием свойств, оптимизацией состава существующих сплавов и моделированием новых материалов с заданными физико-механическими свойствами.

Создание новых материалов традиционными способами требует проведения фундаментальных научных исследований, связанных с изучением влияния состава, структуры, режимов обработки давлением, термической обработки и других технологических операций на конечные свойства полуфабриката или изделия. Вместе с тем объем научных сведений, накопленных к настоящему времени, позволяет перейти на новый уровень проведения исследований - информационный.

При прогнозировании механических свойств титановых сплавов особое значение имеет влияние структуры полуфабрикатов, так как управляя ее типом и параметрами, можно изменять уровень свойств в весьма широких пределах и добиваться такого их сочетания, которое часто невозможно получить только методами легирования.

В связи с этим не вызывает сомнений актуальность диссертационной работы Шмыровой А.В., направленной на разработку достоверных методов прогнозирования на основе установления статистических закономерностей совместного влияния химического состава и структуры на механические свойства полуфабрикатов из титановых сплавов при различных температурах от 20 до 600°C.

Общая характеристика работы

В диссертации в качестве основного объекта исследования выбраны различные модификации сплава Ti-6Al-4V. Это вполне объяснимо, так как

этот сплав является самым распространенным в мире титановым сплавом и считается эталоном сопоставления с другими сплавами. Комплекс его механических и технологических свойств настолько хорош, что за рубежом сплав Ti-6Al-4V считается основным титановым материалом. В нашей стране этим сплавом некоторое время пренебрегали, применяли мало, и только по инициативе главного технолога Туполевской фирмы С.А. Вигдорчика в 1980-1990-х годах появился интерес сплавам типа Ti-6Al-4V.

В настоящее время сплав Ti-6Al-4V является наиболее изученным, имеется довольно много публикаций по влиянию химического состава, режимов деформации и термической обработки на его структуру и свойства. Естественно, что эти данные можно использовать для статистического обобщения, что и было сделано в диссертации при разработке моделей для прогнозирования предела прочности титановых сплавов от температуры испытания в интервале от комнатной до 600°C и построении диаграммы «Предел прочности – эквивалент по алюминию – эквивалент по молибдену».

Следует отметить, что в опубликованных работах изучение зависимостей механических свойств от химического состава в основном проводилось без учета влияния структуры, а от типа и параметров структуры – без учета влияния химического состава, т.е. на образцах одной плавки. Особенность диссертационной работы в том, что исследовано совместное влияние и химического состава, и структуры на механические свойства полуфабрикатов из сплавов типа Ti-6Al-4V, изготовленных по серийным технологиям, в отличие от ранее предложенных аналогов, в которых в качестве исходных параметров использованы опубликованные литературные данные или результаты «чистых» экспериментов. Статистический анализ этих данных позволил не только разработать модели для прогнозирования, но и предложить рекомендации для обеспечения требований отраслевых стандартов к механическим свойствам катаных прутков и поковок дисков из сплава ВТ6. Кроме этого, в диссертации показано, как для оценки высокотемпературных прочностных свойств сплавов типа Ti-6Al-4V можно использовать результаты прогнозирования предела прочности при комнатной температуре.

Научная новизна

Диссертантом на основе детального статистического анализа опубликованных данных выявлена степень влияния температуры испытания на предел прочности титана и его сплавов, что дало возможность провести группировку промышленных (серийных и перспективных) сплавов по 8 группам (кластерам) и разработать модели, позволяющие прогнозировать предел прочности при температуре эксплуатации, если известно его значение при комнатной температуре.

Выявлено количественное влияние α - и β -стабилизаторов на прочностные свойства при различных температурах, на основании которого построены диаграммы в координатах «Предел прочности – эквивалент по алюминию- эквивалент по молибдену». Статистически обосновано, что основной вклад в сохранение прочности при температурах от 20 до 600°C вносят элементы, эквивалентные алюминию.

Уточнены модели для оценки предела прочности, характеристик пластичности и ударной вязкости кованных, прессованных и катаных прутков разного диаметра из сплавов ВТ6, ВТ6С, Grade 5, Grade23 после стандартного отжига. Доказано, что марочные колебания суммарного содержания ванадия и железа (в перерасчете на прочностной эквивалент по молибдену) с 2,0 до 3,5% не оказывает значимого влияния на их пластичность и ударную вязкость.

Статистически обосновано, что влияние химического состава на механические свойства прутков из сплава ВТ6 сопоставимо с ролью микроструктуры, на основании чего установлены значения эквивалентов по алюминию и молибдену с учетом типа и 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

Практическая значимость работы заключается в разработке регрессионных моделей: для оценки предела прочности отожженных прутков и листов разных сплавов в зависимости от эквивалентов по алюминию и молибдену и температуры испытания в интервале от 20 до 600°C; для прогнозирования механических свойств промышленных прутков из

различных модификаций сплавов типа Ti-6Al-4V в зависимости от колебаний химического состава после стандартного отжига, а катаных прутков из сплава ВТ6 – от химического состава, типа и параметров структуры.

В диссертации также предложены рекомендации по корректировке содержания легирующих элементов и кислорода в поковках сплава ВТ6 на основе вероятностно-статистического подхода, что позволяет снизить вероятность выпадов характеристик пластичности и ударной вязкости по «трехсигмовому» интервалу.

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 материалов.

Замечания

1. В диссертации получены различные модели для прогнозирования механических свойств прутков из различных модификаций сплава Ti-6Al-4V. Однако не обосновано, почему в одних моделях предложено проводить прогнозирование в зависимости от прочностных эквивалентов по алюминию и молибдену, в других – от структурных.

2. В диссертации исследованы зависимости параметров структуры разного типа от температуры отжига прутков сплава ВТ6. Однако исследования были проведены на разных плавках, имеющих в свою очередь разную температуру полиморфного превращения ($T_{\text{пп}}$), поэтому следовало также изучить влияние на эти параметры разности между $T_{\text{пп}}$ и температурой отжига.

3. В диссертации не обосновано, почему в модели для прогнозирования прутков сплава ВТ6 включены не все параметры, которые обычно применяют для характеристики структуры. Например, для пластинчатой структуры – это размер β -зерна и α -колоний; для глобулярно-

пластинчатой (смешанной) – количество первичной α -фазы и степень ее глобуляризации.

4. В тексте диссертации и в автореферате имеется ряд грамматических и пунктуационных ошибок, опечаток и неточностей, не очень качественных рисунков (например, рис. 1.7.2., 1.7.16 и др.). Есть опечатки: в подрисуночной подписи к рис. 4.3.16, в названии таблицы 3.1.3 и др.; отсутствует увеличение на некоторых рисунках с микроструктурой (рис. 4.4.1 и др.).

Отмеченные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

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 механических свойств деформированных полуфабрикатов из титановых сплавов при температурах 20-600°С 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 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 Шмырова Алиса Владимировна заслуживает присуждения

ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 –
Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

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



01.12.21

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

Ведущий документ
Е. В. Алексеева

