

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора по научной работе
МАИ,
д.т.н., профессор,



 Ю.А. Равикович

« 01 » 02 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на диссертационную работу Заводова Адриана Валентиновича «Фазовые и структурные превращения в сплаве ВТИ-4 на основе интерметаллида Ti_2AlNb при горячей деформации и последующей термической обработке», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность темы диссертации

Интерметаллидные титановые сплавы на основе орто-фазы Ti_2AlNb являются новыми перспективными материалами для авиационного двигателестроения. Рабочие температуры до 700 °С при плотности 5,1 г/см³ и удлинении 7% при комнатной температуре позволяют им конкурировать с жаропрочными сталями и низкотемпературными никелевыми сплавами. Их применение позволило бы существенно снизить общий вес силовых агрегатов.

Они могли бы более успешно внедряться, если бы удалось решить ряд технологических проблем при получении полуфабрикатов и обеспечить более высокую стабильность их механических свойств. Это является одной из основных причин замедленного внедрения столь перспективных материалов.

Быстрому освоению и внедрению сплавов типа ВТИ-4 препятствуют как относительно низкая технологическая пластичность, особенно на начальных стадияхковки, так и влияние условий деформации на их структуру и свойства.

Именно решению данных проблем посвящена диссертационная работа Заводова Адриана Валентиновича.

Поэтому изучение механизмов структурообразования и фазовых превращений при горячей деформации и последующей термической обработки сплавов типа ВТИ-4 и разработке на этой основе технологии их обработки для снижения неоднородности структуры и, соответственно, повышения стабильности механических свойств является актуальной задачей.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа представляет собой хорошо структурированный, последовательно изложенный экспериментальный материал. Автором последовательно и успешно решаются все поставленные задачи.

Детально изучена последовательность фазовых превращений, происходящих в сплаве ВТИ-4 при нагреве до температурковки. Приведена наглядная схема структурных изменений, что важно для понимания того, в каком состоянии находится материал непосредственно перед операциями обработки давлением.

Хорошо освещены макроструктурные изменения при горячей осадке, такие как изменения зёрновой структуры, формирование кристаллографической текстуры в областях интенсивной деформации, различия между застойными и хорошо проработанными областями. Большое внимание уделено морфологическим изменениям интерметаллидных O и α_2 -фаз в процессе горячей деформации, а также формированию их субзёрновой структуры. Сильной стороной работы является то, что всем наблюдаемым структурным изменениям автор находит теоретически обоснованное объяснение, а также подтверждает результаты несколькими независимыми методами.

Также в работе уделено внимание процессам рекристаллизации деформированного сплава, приведены температурные границы деформации и относительные деформации, после которых рекристаллизация в материале может реализовываться. Приведены рекомендации по оптимизации процесса осадки сплава ВТИ-4 и проведена апробация разработанного многоступенчатого режима осадки на экспериментальных образцах.

Наиболее важные научные результаты:

- установлена узкая однофазная β -область, расположенная между областями $\beta+O$ и $\beta+\alpha_2$;
- показано, что даже в условиях сильного разупрочнения в областях интенсивной деформации сохраняется структурный фактор, сдерживающий рост O-фазы при дальнейшем старении, заключающийся в большой плотности малоугловых границ.

Практическая значимость работы

К наиболее значимым практическим результатам диссертационной работы можно отнести следующие:

- составлена карта рекристаллизации для сплава ВТИ-4, позволяющая выбирать температурный интервал деформации и относительной деформации при горячей осадке;
- сформулированы рекомендации по проведению горячей осадки сплава ВТИ-4, обеспечивающие более высокую однородность структуры деформируемого полуфабриката.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнения и обеспечивается применением современных информативных методов исследования, технически грамотным анализом данных, основанных на устоявшихся знаниях о металловедении, а также тем, что анализ полученных данных позволил спрогнозировать поведение материала при горячей осадке и разработать эффективный подход к снижению структурной неоднородности.

Публикация основных результатов работы

Основные результаты работы подробно изложены в 7 печатных работах в рецензируемых изданиях, в том числе зарубежных, рекомендованных ВАК РФ, а также на научно-технических конференциях, посвященных проблемам фазообразования и деформации.

Личный вклад автора очевиден, состоит в непосредственном участии во всех экспериментах, планировании, подготовки материалов, сборе и анализе данных, выявлении механизмов образования структуры.

Замечания:

1. Не понятно, почему автор по всему тексту диссертационной работы, описывая O - и α_2 - фазы, пользуется единственным числом? Например, на стр. 85 «... и параметр кристаллической решетки O и α_2 -фазы...». Эти две фазы имеют разные кристаллические решетки и разные параметры, а автор их все время объединяет под название «интерметаллидная O и α_2 - фаза».
2. Не понятно, почему автор на рисунке 36 соединяет на графике период «а» кристаллических решеток O и α_2 -фаз непрерывной линией? Кроме того, самим же автором доказано существование β - области в узком температурном интервале между областями $\beta+O$ и $\beta+\alpha_2$, а на графике она отсутствует.
3. Не понятен рисунок 37 на стр. 85. Во-первых, где какая фаза, не понятно. Кроме того, автором в работе доказано следующее чередование областей с повышением температуры $\beta+O$; β и $\beta+\alpha_2$, а в соответствии с рисунком получается одна двухфазная область $O + \alpha_2$.
4. Из описания не ясно, что автор подразумевает под «языками» деформации (стр. 59). Необходимо было их показать на структуре или привести схему. Не понятно, как проводился расчет их толщины.

Сделанные замечания не снижают положительной оценки работы. Выводы, сделанные в работе, не вызывают сомнений и могут быть использованы при дальнейших исследованиях и технологическом освоении сплава ВТИ-4.

Заключение

Диссертационная работа Заводова Адриана Валентиновича выполнена на высоком научно-техническом уровне. Она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основе изучения процессов структурообразования и фазовых превращений в сплаве ВТИ-4 при термической и деформационной обработках разработаны рекомендации по проведению горячей осадки сплава ВТИ-4, обеспечивающие более высокую однородность структуры деформируемого полуфабриката.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание представленной работы.

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, Заводов Адриан Валентинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Диссертационная работа Заводова А.В. на тему «Фазовые и структурные превращения в сплаве ВТИ-4 на основе интерметаллида Ti_2AlNb при горячей деформации и последующей термической обработке» и отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры «Материаловедение и технологии обработки материалов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», протокол № 06/2023 от 01.02.2023г.

Отзыв составлен доктором технических наук, профессором Сковрцовой С.В.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)»,

Кафедра «Материаловедение и
технологии обработки материалов»,
заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент



В.С. Спектор

Почтовый адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3,
<https://mai.ru/>
тел.: +7(499)158-5862, e-mail: mai@mai.ru