

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Пожога Оксаны Зияровны «Закономерности формирования фазового состава и структуры в жаропрочном сплаве на основе интерметаллида титана ВТИ-4 при термической и термоводородной обработках», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность.

В последнее десятилетие наибольший интерес и интенсивное развитие получили сплавы на основе алюминидов титана. По сравнению с жаропрочными титановыми сплавами на основе α -твердого раствора, они обладают более высокой жаростойкостью и жаропрочностью. Однако основным сдерживающим фактором широкого внедрения данных сплавов является их низкая технологичность. По сравнению со сплавами на основе $TiAl$ и Ti_3Al , сплавы на основе Ti_2AlNb имеют более высокую плотность, а, следовательно, проигрывают не только им, но и промышленным жаропрочным сплавам, по удельным прочностным характеристикам. Однако эти сплавы имеют ряд преимуществ, которые обуславливают интерес к их дальнейшей разработке и организации опытно-промышленного производства. В первую очередь это их пожаробезопасность и лучшая технологическая пластичность по сравнению с другими алюминидами.

Поэтому вопросы изучения взаимосвязи структуры и фазового состава, формирующихся на всех стадиях производства, с технологическими и механическими свойствами полуфабрикатов, а также изыскание путей их повышения, рассмотренные в диссертационной работе Пожога О.З., несомненно являются актуальными.

Общая характеристика работы.

В работе проведен тщательный анализ последних достижений в области создания, обработки и применения сплавов на основе алюминидов титана.

Показано, что для сложнолегированного сплава ВТИ-4, содержащего большое количество «тяжелого тугоплавкого» ниобия, получение однородного состава по сечению слитка возможно при использовании тройного вакуумно-дугового переплава, сочетающего плавки с расходуемым электродом и гарнисажную плавку.

Основное внимание в работе уделено изучению закономерностей формирования фазового состава и структуры в сплаве ВТИ-4 при термическом воздействии. Показано, что варьируя температурой нагрева и/или скоростью охлаждения в прутковой заготовке возможно получение различных типов структур, что позволяет в широком диапазоне изменять свойства полуфабриката: прочность от 990 МПа до 1170 МПа, пластичность от 10 до 3%.

Особое внимание соискатель уделил взаимодействию сплава ВТИ-4 с водородом. Детально изучено формирование фазового состава и структуры на всех этапах термоводородной обработки. Построены зависимости изменения параметров кристаллических решет фаз от содержания водорода и температуры нагрева под закалку, а также рассчитаны объемные эффекты превращений. Показано, что при определенных температурно-концентрационных условиях внутренние напряжения, обусловленные большим объемным эффектом превращения, вызывают протекание в структуре процесса глобуляризации частиц О-фазы.

Особый интерес представляю полученные соискателем данные о том, что введение в сплав ВТИ-4 водорода сильно понижает диффузию основных легирующих элементов несмотря даже на высокие температуры обработки ($\geq 1000^\circ\text{C}$), поэтому для назначения режимов наводороживающего отжига необходимо основываться на построенной автором неравновесной диаграмме, принимая во внимание «необычное» влияние водорода на температуру перехода

в однофазное состояние, которая увеличивается более чем на 200°С при введении до 0,4 масс. % водорода.

Научная новизна.

К основным научным достижениями диссертационной работы Пожога О.З. можно отнести:

– построение неравновесной и равновесной диаграмм изменения фазового состава сплава ВТИ-4 под действием водорода в зависимости от температуры нагрева;

– закономерности изменения фазового состава и структуры сплава ВТИ-4 в зависимости от температурно-концентрационных параметров термоводородной обработки;

– возможность изменения морфологии структурных составляющих от пластинчатой до близкой к глобулярной в зависимости от содержания водорода и температуры нагрева.

Практическая значимость заключается:

- в разработке режимов отжига и упрочняющей термической обработки, позволяющих целенаправленно управлять свойствами полуфабрикатов из жаропрочного сплава ВТИ-4;

- в обосновании возможности повышения пластичности сплава ВТИ-4 на технологической стадии за счет дополнительного легирования водородом и получения после разработанного режима дегазации сравнимого уровня механических свойств, как и после традиционных видов обработки.

Достоверность полученных результатов.

Обоснована методически правильным проведением исследований и испытанием материалов на поверенном оборудовании с использованием лицензионного программного обеспечения, обработкой результатов эксперимента методами математической статистики, совпадением теоретических и экспериментальных результатов, апробацией результатов работы на 12 научно-технических конференциях и семинарах, а также их опубликованием в 13 статьях рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК.

Вместе с тем по работе есть несколько вопросов и замечаний.

1. Диссертант отмечает, что легирование сплава водородом «...инициирует $\beta \rightarrow \alpha_2$ превращение и способствует повышению стабильности О-фазы». При этом в сплаве без водорода автором наличие α_2 –фазы не обнаружено и в нем протекает $\beta \rightarrow O$ превращение. Возникает вопрос о роли водорода в механизмах этих превращений, так как с общих позиций его растворимость в β и О-фазах должна быть существенно больше, чем в решетке α_2 .
2. Автором получен интересный результат о измельчении выделяющихся фаз в сплавах с увеличением содержания водорода при отжиге 1050°C (глава 4. Рис.4.7, 4.10, 4.13 и рис.3 автореферата). При этом говорится как о О -, так и о α_2 –фазах. Однако из текста работы непонятно как автор разделил эти фазы и чем обусловлено изменение мест предпочтительного зарождения с увеличением содержания водорода.
3. Объясняя изменение морфологии выделений диссертант говорит о процессах полигонизации и сфероидизации. Однако эти процессы имеют различные движущие силы и их следует разделять. Также не совсем понятно о доказательствах протекания процессов полигонизации внутри частиц О-фазы.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Диссертация написана технически-грамотным языком, оформление работы соответствует действующим стандартам.

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основе изучения формирования фазового состава и структуры жаропрочного сплава ВТИ-4 при термическом и химико-термическом воздействиях показана возможность управления его технологическими и механическими свойствами, что вносит существенный вклад в развитие исследований жаропрочных сплавов на основе алюминидов

титана, предназначенных для изготовления деталей перспективных газотурбинных двигателей и энергетических установок.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают 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, Пожого Оксана Зияровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Попов Артемий Александрович
Заведующий кафедрой термообработки и физики металлов
ФГАОУ ВО УрФУ,
д.т.н., профессор

Подпись Попова А.А. удостоверяю,

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н.Ельцина»
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
+7 (343) 3745964
a.a.porov@urfu.ru

28 ноября 2017 г.

Подпись
заверяю



Начальник
ОБЩЕГО ОТДЕЛА УДИОВ
А.М. КОСАЧЕВА