

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный
авиационный технический университет»
(ФГБОУ ВО «УГАТУ»)

К. Маркса ул., д. 12, Уфа, 450008
Телефон: +7 (347) 272-63-07
Факс: + 7 (347) 272-29-18
E-mail: office@ugatu.su; <http://www.ugatu.su>

д.т.н. докт.т. № *1317/1909-13*

На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор УГАТУ,

д.т.н., профессор

Криони Н.К.

«2017» г.



Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу Пожого 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.

Развитие авиационно-космической техники напрямую связано с разработкой и освоением новых материалов, в частности, жаропрочных сплавов для силовых установок. В этом отношении перспективными являются сплавы на основе интерметаллидов титана – TiAl, Ti₃Al, Ti₂AlNb, которые обладают высокими удельными характеристиками жаропрочности при температурах до 650°C. Однако освоение этих материалов сдерживается их низкими технологическими свойствами, крайне малой пластичностью при нормальной и повышенных температурах, что ограничивает возможности обработки давлением при получении полуфабрикатов и заготовок изделий.

В этом отношении диссертационная работа Пожого Оксаны Зияровны, направленная на установление закономерностей формирования фазового состава, структуры и свойств жаропрочного сплава ВТИ-4 при термической и термоводородной обработках с целью нахождения технологических методов управления структурой и свойствами как на стадии обработки полуфабрикатов, так и готовых изделий, имеет научную актуальность для металловедения.

016855 *

Общая характеристика работы.

Объектом исследования в работе выбран сплав ВТИ-4 на основе интерметаллида Ti_2AlNb , который, уступая алюминидам титана по удельной прочности, превосходит их по пластичности. Кроме того, полиморфизм интерметаллида Ti_2AlNb дает дополнительные возможности управления его структурой и свойствами за счет легирования и термической обработки.

В качестве технологических методов воздействия на объект исследования автор применяет термическую и термоводородную обработки. Последняя представляет собой достаточно новый способ воздействия на структуру и свойства титановых сплавов, включающий временное легирование водородом и термическое воздействие на наводороженный материал. Это позволяет формировать особый фазовый состав сплава и контролировать процессы структурообразования при введении и удалении водорода.

Для исследования структуры и свойств материала автор применил современные методы, включающие оптическую и электронную микроскопию, качественный и количественный рентгеноструктурный анализ, испытания механических свойств при нормальной температуре.

Отличительной чертой диссертационной работы Пожого О.З. является методическая последовательность проведенных исследований, позволяющая анализировать изменения структуры и свойств изучаемого сплава на протяжении всей технологической цепочки производства из него полуфабрикатов и изделий. Так, заслуживают особого внимания проведенные автором исследования влияния метода выплавки сплава на однородность его химического состава. Предложенная в работе схема, включающая этапы вакуумно-дугового переплава с расходуемым электродом и гарнисажной плавки, обеспечивает уменьшение отклонения по основным компонентам сплава до 0,5%, что позволяет на последующих стадиях переработки материала получать более однородную структуру и высокий комплекс механических свойств.

Последующее изучение деформируемости сплава при высоких температурах и влияния термической обработки на структуру и свойства дало автору возможность разработки режимов двойного отжига, варьирование температурой второй ступени которого и скоростью охлаждения до нее, дает возможность получить материал как с высокой пластичностью и относительно невысокой прочностью, так и обеспечивать хорошие прочностные характеристики при удовлетворительной пластичности. Это позволяет использовать предложенный способ обработки и для повышения технологической пластичности на стадии получения полуфабриката и для упрочнения готового изделия.

Для расширения возможностей управления структурой и свойствами сплава ВТИ-4 автором предложено использовать термоводородную обработку. Для оптимизации ее режимов в работе было изучено влияние содержания водорода и температуры обработки на фазовый состав и структуру используемого сплава. Полученные закономерности использованы для построения участка температурно-концентрационной диаграммы фазового состава. Эта диаграмма использована для обоснования режимов наводороживающего отжига, обеспечивающего снижение усилий деформации полуфабрикатов при их горячей обработке давлением.

Варьированием режимами вакуумного отжига при удалении водорода автор добивается дополнительного дисперсионного упрочнения сплава ВТИ-4 при сохранении удовлетворительной пластичности.

Диссертационная работа Пожого О.З. представляет собой целостную законченную научную работу, в которой поставлена актуальная научная цель и решены сложные научно-технические задачи.

Научная новизна.

Научной новизной диссертационной работы Пожого О.З. можно считать:

- установлены закономерности влияния температурно-временных параметров термического воздействия на процессы структурообразования в сплавах на основе интерметаллида Ti_2AlNb ;
- предложены схемы фазовых и структурных превращений в сплаве ВТИ-4 при его дополнительном легировании водородом;
- обнаружено явление сфероидизации интерметаллидной O -фазы в процессе наводороживающего отжига сплава ВТИ-4.

Практическая значимость заключается:

- в разработке режимов двойного отжига, позволяющего целенаправленно управлять свойствами полуфабрикатов и изделий из жаропрочного сплава ВТИ-4;
- в доказательстве возможности применения термоводородной обработки полуфабрикатов и изделий из сплавов на основе интерметаллида Ti_2AlNb для обеспечения им высоких технологических и механических характеристик.

Достоверность полученных результатов.

Обоснована тщательным теоретическим анализом современной научно-технической литературы по теме работы, методически грамотной постановкой цели и задач исследования, выбором объекта и методов исследования и испытания материала. Обработкой результатов эксперимента методами математической статистики. Отсутствием противоречий между

теоретическими и экспериментальными результатами. Активной публикацией результатов исследований и их обсуждением на научно-технических конференциях.

Замечания по работе Пожога О.З.

1. В цели работы, в выводах и по тексту диссертации автор постоянно упоминает «регламентированную структуру». В то же время нет расшифровки, о каком типе структуры идет речь, и как ее можно «регламентировать». Возможно, речь идет о регламентированных свойствах полуфабрикатов из сплава ВТИ-4 ($\sigma_b > 1100$ МПа и $\delta \sim 3 \div 7\%$), но это не одно и то же.

2. На основании рентгеноструктурного анализа исследуемых образцов с водородом автор обнаружил значительный объемный эффект фазовых превращений, который должен сопровождаться межфазовым наклепом. Этим явлением он объясняет и пластинчатую морфологию О-фазы (стр. 118) и ее сфероидизацию (стр. 140). Два этих процесса структурообразования требуют более подробных разъяснений, которых нет в диссертации.

3. Вряд ли можно говорить о диаграмме ВТИ-4-Н, так как сплав имеет определенный диапазон изменения содержания компонентов, в котором его фазовый состав может изменяться. Целесообразно говорить о конкретном составе сплава, который использовался в работе.

4. При исследовании влияния метода выплавки на однородность химического состава необходимо приводить средние содержания легирующих элементов и их среднеквадратичное отклонение. Желательно было бы привести в работе состав сплавов по шихте.

5. Некоторые механические свойства приведены в работе с точностью, превышающей погрешность современных приборов (твердость до 0,1 ед. HRC, относительное удлинение и сужение до 0,1%). Такую точность необходимо отдельно доказывать в методике исследований.

6. Автор в некоторых случаях позволяет достаточно вольно обращаться с терминами и не расшифровывает не общепринятые понятия и процессы. Это затрудняет понимание содержания диссертационной работы.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложено научно-обоснованное технологическое решение управления структурой и свойствами деформированных полуфабрикатов из жаропрочного сплава на основе интерметаллида Ti_2AlNb методом термической и термоводородной обработок.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 12 научно-технических конференциях, опубликованы в 24 печатных работах, в том числе 10

статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в области металлургии и металловедения для создания инновационных технологий получения и обработки полуфабрикатов и изделий из жаропрочных сплавов на основе интерметаллида титана.

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, Пожога Оксана Зияровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры технологии машиностроения, протокол № 5 от 20 11 2017 года. На заседании присутствовало 20 членов из 25. Результаты голосования: «за» – 20, против – нет, воздержавшихся – нет.

Доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры технологии машиностроения,
и.о. декана вечернего факультета УГАТУ при УМПО



Шехтман С.Р.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»
450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12
Электронный адрес: www.ugatu.su
Телефон: +7(347)273-07-63