

**ОТЗЫВ**  
**на автореферат диссертации Лазарева Павла Андреевича**  
**«Самораспространяющийся высокотемпературный синтез интер-**  
**металлидных соединений на основе систем Ti -Al -X (X = Mg, Si, Mn)»,**  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв,  
физика экстремальных состояний вещества.

Диссертационная работа Лазарева П.А. посвящена актуальной теме – разработке способа получения интерметаллидных соединений Ti-Al, легированных добавками Mg, Si и Mn с помощью метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Алюминиды титана обладают уникальным набором физических параметров. Высокая температура плавления, низкая плотность, стойкость к окислению, жаропрочность и др. свойства определяют их преимущества перед другими сплавами для использования в аэрокосмической и автомобильной промышленности. Однако хрупкость и низкая пластичность ограничивает их применение. Для преодоления этих недостатков используются различные добавки Nb, Mo, Ni, Mg, Si, Mn и многие другие в зависимости от назначения сплава. В данной работе проведено экспериментальное исследование влияния Mg, Si и Mn на параметры и протекание процесса СВС в системе Ti-Al, изучены особенности механизма фазообразования и формирования микроструктуры интерметаллидных сплавов, определены физические характеристики синтезированных сплавов.

В процессе выполнения работы получен ряд новых научных результатов. Методом СВС впервые получены интерметаллидные сплавы  $Ti_5Al_{0.75}Si_{2.25}$ ,  $Ti_2Al_{18}Mg_3$  сплав на основе фазы Лавеса  $TiMn_{0.75}Al_{1.25}$ . Изучены особенности структуры переходных зон, формирующихся при взаимодействии сплавов Ti-Al-X (X=Mg, Si, Mg) с подложкой из титана. Впервые с помощью метода селективного лазерного плавления продемонстрирована возможность получения наплавок из интерметаллидного СВС-порошка  $Ti_5Al_{0.75}Si_{2.25}$  на Ti-подложку.

Полученные в работе Лазарева П.А. результаты позволяют разработать научные основы технологии получения сплавов на основе систем Ti-Al-Mn, Ti-Al-Si, Ti-Al-Mg с помощью метода СВС и несомненно имеют важное практическое значение.

Достоверность результатов работы и обоснованность выводов подтверждается использованием современного оборудования и методик исследований, значительным количеством экспериментальных данных.

Результаты работы в полной мере отражены в публикациях (22 печатные работы, в том числе 14 статей в научных журналах, входящих в Перечень ВАК). Получен 1 патент РФ.

По тексту автореферата есть замечания:

1. В автореферате указано что в качестве «исходных материалов использовали промышленно выпускаемые порошки Ti, Al, Mg, Si, Mn,  $\text{SiO}_2$ ....» однако марки порошков, размер частиц, содержание примесей и оксидов на поверхности частиц металлов не приведены. Вообще в автореферате не нет никаких данных о влиянии размера частиц компонентов, хотя с точки зрения механизма процесса, химическая реакция протекает на поверхности контакта реагентов, площадь этой поверхности зависит от размера частиц, что должно существенно влиять на скорость процесса и соответственно на характеристики конечного продукта.
2. В ряде случаев указывается, что реакция между компонентами протекает в режиме теплового взрыва. Например, стр. 17: «Горение реакционного состава 5  $((\text{Ti}+9\text{Al})_2+3\text{Mg})$  протекает в режиме «теплового взрыва», однако, в тексте автореферата нет разъяснения, что в данной работе подразумевается под термином «режим теплового взрыва».

Однако в целом, данные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки работы.

Считаю, что диссертационная работа «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез интерметалличидных соединений на основе

систем Ti<sub>x</sub>-Al<sub>y</sub>-X (X = Mg, Si, Mn)», соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе отвечает критериям пп. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), а ее автор, Лазарев Павел Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.



Долгобородов Александр Юрьевич  
Доктор физико-математических наук  
специальность 01.04.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества  
Зав. лабораторией ударно-волновых воздействий  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Объединенный институт высоких температур (ОИВТ РАН)  
125412. г. Москва, ул. Ижорская, д.13. стр.2  
тел. 8(495)4832295, e-mail: aldol@ihed.ras.ru

15 января 2025 г.

Я, Долгобородов Александр Юрьевич, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись зав. лабораторией ударно-волновых воздействий ОИВТ РАН  
д.ф.-м.н. А.Ю. Долгобородова

ЗАВЕРЯЮ  
Ученый секретарь ОИВТ РАН  
д.ф.-м.н.



А.Д. Киверин

15 января 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Объединенный институт высоких температур (ОИВТ РАН)  
125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2  
тел. 8(495)4844433, e-mail: alexeykiverin@gmail.com