

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лазуренко Дарьи Викторовны «Структура и свойства слоистых композиционных материалов с интерметаллидной составляющей», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (в машиностроении)».

Развитие технологий производства композиционных материалов обусловлено их широким использованием во многих отраслях промышленности. Современные композиты должны обеспечивать прочность конструкции, стойкость к коррозии, к переменным температурным воздействиям и т.д. В авиакосмической отрасли наблюдается тенденция к замене металлических элементов на аналогичные композиционные. При этом композиты используются не только для обшивки, но и для силовых конструкций, а также для создания авиадвигателей. В настоящее время повышение эффективности авиадвигателей и аналогичных силовых установок становится невозможным без использования принципиально новых конструкционных материалов. К таким материалам относятся сплавы на основе интерметаллидных фаз.

Интерметаллидные сплавы обладают уникальным комплексом свойств, к которым относятся высокие удельные прочностные свойства и упругие модули, сохраняющиеся до высоких температур, высокая жаропрочность и сопротивление ползучести, высокое сопротивление окислению и горению. Из алюминидов титана могут изготавливаться детали газотурбинного двигателя (лопатки, диски, элементы сопла), детали автомобильных двигателей (клапаны, шатуны, поршни, диски турбокомпрессора), теплозащитные наружные панели с ячеистым наполнителем (термоэкраны) для сверхзвуковых летательных аппаратов и др.

Однако широкому применению сплавов на интерметаллидной основе препятствует низкотемпературная хрупкость, снижающая их надежность. Подходом, позволяющим компенсировать отмеченный недостаток, является комбинирование интерметаллидов с вязкой металлической составляющей. В своей работе Д.В. Лазуренко использует данный подход и освещает вопросы выбора эффективных технологических решений по формированию композиционных материалов с металл-интерметаллидной структурой и структурных компонентов, обеспечивающих повышенный уровень механических и эксплуатационных характеристик. В связи с этим тема диссертационной работы, несомненно, является актуальной.

Научная новизна диссертационного исследования Д.В. Лазуренко заключается в установлении закономерностей формирования триалюминида титана в слоистом композиционном материале с использованием различных методов обработки. Выявлены и обоснованы эффективные технологические режимы, обеспечивающие получение слоя  $Al_3Ti$  максимальной толщины. Показано сокращение времени, необходимого для изготовления композита, до 10 минут.

Кроме того, автором были всесторонне исследованы фазовые превращения, протекающие как при нагреве двойной системы Ti-Al, так и тройных систем Ti-Al-M, где M –

переходный металл которые обосновывают повышение трещиностойкости и снижение хрупкости получаемого композита. Выявлены условия стабилизации кубической модификации триалюминидов титана, входящего в состав композиционного материала, путем легирования рядом переходных элементов и выбраны наиболее эффективные стабилизирующие компоненты. Отмеченный подход к повышению вязкости разрушения триалюминидов титана, являющегося компонентом многослойного композита, был успешно реализован при формировании нового типа композиционного материала со слоями  $Al_3Ti$  типа  $L1_2$ , стабилизированного медью.

Практическая значимость состоит в разработке технических решений по соединению разнородных материалов с использованием сваренных взрывом промежуточных вставок. Предложенная технология была внедрена на федеральном казенном предприятии «Новосибирский опытный завод измерительных приборов», что показывает заинтересованность производства в данных исследованиях. Результаты исследований дефектообразования в интерметаллидных материалах используются в АО «Катод» при производстве высокотехнологичной продукции.

Рассмотренные Д.В. Лазуренко вопросы, касающиеся электронно-лучевой обработки, и полученные результаты по формированию интерметаллидных сплавов на поверхности титановых заготовок имеют практическое значение с точки зрения аддитивного производства алюминидов титана и сплавов на их основе.

Работа выполнена с использованием надежных и современных методик исследования. Достоверность полученных результатов обеспечивается повторяемостью экспериментальных данных и соответствием их научно-исследовательской литературе.

Результаты диссертационной работы достаточно полно изложены в 13 статьях в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ и в 30 зарубежных журналах, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science. Автор имеет 2 патента Российской Федерации. Работа проходила апробацию на многочисленных Всероссийских и международных конференциях.

По работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. В автореферате не указано, каким методом проводилось численное моделирование процессов соударения заготовок из титана и алюминия (рис. 5).
2. Известно, что в качестве легирующих элементов в сплавы на основе алюминидов титана добавляют Ta, Nb, Mo и т. д., однако в синхротронных экспериментах (глава 4) эти элементы не фигурируют. Чем обусловлен выбор металлов группы меди, никеля и элементов 4 ряда периодической системы?

Однако приведенные замечания не снижают ценности работы. По объему, новизне результатов, их достоверности, научной и практической значимости диссертация Дарьи Викторовны Лазуренко представляет собой законченную научно-квалификационную работу,

решающую важные задачи, связанные с разработкой новых типов композиционных материалов и совершенствованием процессов их получения, которая полностью соответствует критериям, установленным пунктом II 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к докторским диссертациям. Считаю, что автор диссертационной работы Дарья Викторовна Лазуренко заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

Начальник сектора по разработке акустико-эмиссионной и тензометрической аппаратуры ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С.А. Чаплыгина», д-р техн. наук, профессор  
Научная специальность:  
05.27.05 – Интегральные радиоэлектронные устройства

Людмила Николаевна  
Степанова

630051, Новосибирск, ул. Ползунова, 21 Федеральное государственное унитарное предприятие «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С.А. Чаплыгина»  
тел. (383) 278-70-51  
e-mail: [stepanova@stu.ru](mailto:stepanova@stu.ru), [aergroup@ngs.ru](mailto:aergroup@ngs.ru)

Подпись Степановой Людмилы Николаевны удостоверяю  
директор ФГУП «СибНИА им С.А. Чаплыгина»

В.Е. Барсук

Получила в совет 25.11.2020 