

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Арины Дмитриевны Бажиной
«Разработка металлокерамических слоистых композиционных материалов на
основе моноборида титана и МАХ-фаз системы Ti-Al-C в условиях
свободного СВС-сжатия», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика,
горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа А.Д. Бажиной направлена на установление закономерностей фазо- и структурообразования и влияния состава исходных шихтовых заготовок и технологических параметров свободного СВС-сжатия, сочетающего процессы горения и сдвиговое деформирование, на структуру и свойства полученных металлокерамических слоистых композиционных материалов на основе моноборида титана и МАХ-фаз Ti_3AlC_2 и Ti_2AlC . Актуальность диссертационной работы и полученных научных результатов не вызывает сомнения, поскольку, в настоящее время, слоистые композиционные материалы на основе боридов титана и МАХ-фаз являются многообещающими и перспективными материалами для широкого применения в промышленности. На сегодняшний день получение слоистых композиционных материалов осуществляется традиционными методами порошковой металлургии, которые включают большое число операций (до 50), многие из которых сложны, энергоемки и длительны по времени (десятки часов). Предложенный метод свободное СВС-сжатие относится к прямым методам получения, поскольку позволяет получить компактные слоистые композиционные материалы на основе тугоплавких неорганических соединений в одну стадию на одном оборудовании. А.Д. Бажиной убедительно показано, что регулируя параметры исходных заготовок и технологические режимы свободного СВС-сжатия, возможно

получать слоистые композиты с регулируемой структурой и физико-механическими свойствами.

Актуальность работы также подтверждается выполнением работ по проектам РНФ, РФФИ, гранта Президента РФ, УМНИК, стипендии Президента РФ.

Оценка содержания диссертации, научной новизны и практической значимости

Диссертационная работа А.Д. Бажиной содержит введение, 5 глав, выводы, список использованных источников и приложение. Общий объем работы составляет 164 страницы, включая 123 рисунка, 18 таблиц и библиографию из 198 наименований.

Во введении диссертационной работы обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, изложены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертационной работы посвящена анализу литературы о свойствах, видах и компонентах современных слоистых композиционных материалов. Достаточно широко рассмотрены основные методы получения слоистых композиционных материалов на основе моноборидов и интерметаллидов титана и МАХ-фаз системы Ti-Al-C.

Во второй главе представлено описание используемого научно-аналитического оборудования и современных методик проведения исследований по изучению характеристик горения, микроструктуры, фазового состава, физико-механических и трибологических характеристик полученных материалов. Приведены объекты исследований, включающие порошковые смеси из исходных реагентов титана, бора, алюминия и углерода и титановые подложки.

Третья глава посвящена изучению взаимосвязи между структурой и свойствами слоистых композиционных материалов на основе TiB/Ti.

Изучено влияние состава и времени задержки перед прессованием на температурные профили в процессе свободного СВС-сжатия. Исследована структура, фазовый состав металлокерамического композита TiB/Ti – Ti, а также граница раздела между металлокерамическим материалом TiB/Ti и титаном. Изучено влияние времени задержки и ориентации вискероов TiB на механические и трибологические характеристики металлокерамического композиционного материала TiB/Ti – Ti.

Четвертая глава посвящена исследованию особенностей структуры и свойств СКМ на основе TiB – (20–40) масс. % Ti с промежуточным интерметаллидным слоем Ti_xAl (где $x=1, 1.5, 3$) на титановой подложке (BT1-0). Изучены температурные профили материалов на основе Ti-B/Ti-Al/Ti, возникающих в условиях свободного СВС-сжатия. Исследовано влияние содержания исходных компонентов титана и алюминия в центральном (интерметаллидном) слое в композиционном материале Ti-B/Ti-Al/Ti на структуру и фазовый состав каждого слоя. Представлены результаты измерений механических характеристик в каждом слое полученных слоистых композиционных материалов Ti-B/Ti-Al/Ti.

Пятая глава посвящена разработке и получению СКМ на основе МАХ-фаз системы Ti-Al-C на титане. Были исследованы температурные профили составов $3Ti-1Al-2C$ и $2Ti-1,5Al-1C$, возникающие в условиях горения и сдвигового высокотемпературного деформирования. Исследована структура, фазовый состав и физико-механические характеристики СКМ на основе МАХ-фаз Ti_3AlC_2 и Ti_2AlC , синтезированных на титановых подложках (BT1-0, BT6).

Основная научная новизна работы состоит в установлении характера температурных профилей, возникающих при горении и последующем деформировании в условиях свободного СВС-сжатия, для составов TiB – (20–40) масс. % Ti, TiB – Ti_xAl (где $x=1, 1.5, 3$), МАХ-фаз составов $3Ti-1Al-2C$ и $2Ti-1,5Al-1C$, расположенных на титановых подложках (BT1-0, BT6);

установлении закономерностей влияния состава металлокерамических слоев и технологических параметров свободного СВС-сжатия на фазовый состав, структуру, физико-механические и трибологические свойства слоистых металлокерамических композиционных материалов на основе TiB – (20–40) масс. % Ti, TiB – Ti_xAl (где x=1, 1.5, 3), МАХ-фаз Ti₃AlC₂ и Ti₂AlC; установлении возможности использования свободного СВС-сжатия в качестве нового способа получения слоистых композиционных материалов на основе МАХ-фаз Ti₃AlC₂ и Ti₂AlC на титановой подложке (BT1-0, BT6); установлении механизма формирования переходной зоны между металлокерамическими слоями на основе TiB/Ti и МАХ-фаз (Ti₂AlC и Ti₃AlC₂) и титановой подложкой.

Практическая значимость работы состоит в разработке новых способов получения слоистых металлокерамических композиционных материалов (патент РФ на изобретение № 2754419 от 02.09.2021 г.) и градиентных материалов на основе МАХ-фаз системы Ti-Al-C (патент РФ на изобретение № 2786628 от 22.12.2022 г.); разработке опытных партий СКМ заданного размера и структуры на основе TiB – (20-40) масс.% Ti, в том числе с промежуточным интерметаллидным слоем Ti_xAl (где x=1, 1.5, 3), МАХ-фаз Ti₃AlC₂ и Ti₂AlC на титановых подложках (BT1-0, BT6) габаритами от 10x10x2 до 65x110x(6–10) мм; разработке взаимосвязи между исходным составом слоя и технологическими режимами свободного СВС-сжатия со структурно-фазовым состоянием и свойствами разработанных СКМ; разработке закономерности влияния пропорции толщины титанового слоя к общей высоте СКМ TiB/Ti на предел прочности при трехточечном изгибе.

Достоверность и обоснованность диссертационной работы подтверждается использованием современных аттестованных методов и методик при исследовании фазового состава, структуры, физико-механических и трибологических свойств полученных металлокерамических

слоистых композиционных материалов, а также подтверждается физически обоснованными экспериментальными результатами, которые выполнены в достаточно большом объеме.

Результаты, представленные в работе, показывают, что металлокерамические композиционные материалы с улучшенными физико-механическими свойствами могут быть получены за одну технологическую стадию в процессе свободного СВС-сжатия. Впервые изготовление автором металлокерамических слоистых композиционных материалов на титановой подложке с применением технологии свободного СВС –сжатия, указывает на многообещающие перспективы исследований, направленных на изучение высокотемпературных сдвиговых деформаций продуктов горения в условиях свободного СВС-сжатия.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, опубликованы в 35 печатных работах, в том числе в 11 статьях в реферируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК и базы данных Web of Science и Scopus (в т.ч. Q1), 24 тезисах в сборниках трудов международных конференций, получено 2 патента РФ.

Замечания по работе:

1) В работе получены слоистые композиционные материалы на основе моноборида титана и МАХ-фаз системы Ti-Al-C на титановых основах, которые выбраны в виде пластин марок ВТ1-0 и ВТ6 и порошкового слоя из титана марки ПТС-1. Возникает вопрос: чем руководствовался соискатель при выборе титановых основ и проводился ли им синтез слоистых композитов при использовании подложек из других материалов?

2) В главе 4 изучены особенности получения, строения и свойства слоистых композиционных материалов на основе $TiB/Ti_xAl/\alpha-Ti$ (где $x=1, 1.5, 3$) трех составов, отличающиеся содержанием исходных компонентов титана и алюминия в центральном (интерметаллидном) слое. Однако должного обоснования этому в диссертации не приведено.

3) В главе 5 рассматривалось влияние времени задержки (выбраны 1 и 5 секунды) перед прессованием на структуру и свойства СКМ для состава $2\text{Ti}-1,5\text{Al}-1\text{C}$. С чем связан выбор этих параметров времени задержки?

4) Практически все рисунки выполнены в хорошем качестве, но есть рисунки в диссертации на которых не читабельны некоторые надписи: рис. 25 (56 стр.), рис. 30 (59 стр.), рис. 67 (79 стр.), рис. 82 (стр. 88).

Диссертационная работа, несмотря на замечания, является актуальной и новаторской. Результаты, полученные в ходе исследования, имеют значительную научную и практическую ценность, а сделанные замечания никоим образом ее не снижают. Учитывая актуальность и новизну полученных результатов, считаю, что диссертационная работа Арины Дмитриевны Бажиной «Разработка металлокерамических слоистых композиционных материалов на основе моноборида титана и МАХ-фаз системы $\text{Ti}-\text{Al}-\text{C}$ в условиях свободного СВС-сжатия» выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Результаты работы полностью отражены в автореферате и опубликованных работах.

Диссертационная работа А.Д. Бажиной представляет научно-квалификационную работу, которая полностью удовлетворяет Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (п. 9), а ее автор Арина Дмитриевна Бажина заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Я, Борис Борисович Страумал, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Арины Дмитриевны Бажиной, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, руководитель Научного центра РАН в Черноголовке ФГБУН Института физики твердого тела им. Ю.А. Осипяна Российской академии наук, заведующий лабораторией поверхностей раздела в металлах

 Страумал Борис Борисович

142432, г. Черноголовка, Московская обл.,

ул. Академика Осипяна, д.2

e-mail: straumal@issp.ac.ru

тел. (496)52 283-00


Дата составления отзыва «26» апреля 2024 года

Подпись Б.Б. Страумала заверяю

Ученый секретарь ИФТТ РАН,

к.ф.-м.н.




Алексей Николаевич Терещенко