

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XIV Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

Том 1. Физика

РОССИЯ, ТОМСК, 25 – 28 апреля 2017 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XIV International Conference of students, graduate students
and young scientists

Volume 1. Physics

RUSSIA, TOMSK, April 25 – 28, 2017

Томск 2017

СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННЫХ ЛИГАТУР, ПОЛУЧЕННЫХ СВС МЕТОДОМ

В.В. Промахов^{1,2}, А.Е. Матвеев², И.А. Жуков^{1,2}

Научные руководители: д.ф.-м.н. А.Б. Ворожцов, д.ф.-м.н. А.С. Жуков

¹Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН,

Россия, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, 659322

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: vvpromakhov@mail.ru

COMPOSITE STRUCTURE OF MASTER-ALLOY OBTAINED BY SHS

V.V. Promakhov^{1,2}, A.E. Matveev², I.A. Zhukov^{1,2}

Scientific Supervisors: Dr. A.B. Vorozhtsov, Dr. A.S. Zhukov

¹Institute for Problems of Chemical & Energetic Technologies SB RAS, Russia, Altai region,

Biysk, Socialisticheskaya str., 1, 659322

²Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: vvpromakhov@mail.ru

Abstract. *The aim of the work is the synthesis and study of composite structures of master-alloy for aluminum alloys obtained by self-propagated high-temperature synthesis. The data on the composition of the mixture of powders for synthesis were obtained. Established the parameters SHS process for master-alloy with an average particle size of titanium diboride about 0,6 mkm.*

Введение. Необходимость проведения работ обусловлена потребностью современного машиностроения в композиционных материалах, способных удовлетворить требованиям новой техники, для которой характерно ужесточение условий эксплуатации: повышение нагрузок, скоростей, температур, агрессивности сред, уменьшение веса и т.д.

Согласно проведенному анализу, при получении композиционных сплавов на основе алюминия, особое внимание следует уделять способу синтеза лигатур и выбору частиц, используемых в качестве упрочняющей фазы [1]. Для получения богатых лигатур с контролируемым фазовым составом был выбран самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Технология СВС позволяет получать неорганические соединения различных классов (карбиды, бориды, нитриды, гидриды, силициды, оксиды, интерметаллиды и фосфиды), как в виде индивидуальных соединений, так и более сложных по составу. Применительно к легким сплавам, СВС лигатуры, состоящие из отдельных кристаллитов целевой тугоплавкой фазы со средним размером от 0,5 до 3 мкм, имеют очевидную перспективу. Возможность получать частицы тугоплавких соединений, разделенных тонким слоем интерметаллидов, растворяющихся в процессе введение лигатуры в расплав, принципиально исключает их агломерацию. Получение композиции такой структуры возможно только с применением СВС [2].

Материалы и методы исследований. Для проведения экспериментальных исследований закономерностей структурообразования в системе Al-Ti-B в качестве исходных компонентов шихт были взяты порошки алюминия (марки АСД-0 с размером частиц 80-100 мкм), бора аморфного (марки Б99-А чистотой 99 % со средним размером частиц 650 нм) и титана (марки ПТОМ-1 с размером частиц 0-40 мкм).

Предварительные исследования показали, что дисперсность порошка алюминия марки АСД-0 (80-100 мкм) либо марки АСД-6 (15-20 мкм) не влияет на кинетику горения системы Al-Ti-B [3]. Однако с экономической и технологической точек зрения более целесообразно использовать порошок алюминия марки АСД-0.

Содержание алюминия в смеси варьировалось от 10 до 60 масс %. Прессование подготовленной шихты проводили в стальной пресс-форме с использованием лабораторного прессы. Оптимальное давление прессования определялось путем проведения специальных экспериментов по влиянию плотности образцов на скорость горения. Плотность образцов, а, следовательно, и скорость их горения определяется исходными характеристиками используемых шихтовых материалов.

После синтеза экспериментальных образцов проводили исследования закономерности формирования структуры продуктов реакции с использованием сканирующего электронного микроскопа Philips SEM 515. Для проведения структурных исследований образцы подвергались полировке с применением алмазных паст различной дисперсности до появления зеркальной поверхности. Значение ускоряющего напряжения, тока первичного электронного пучка, контраст изображения и угол наклона образца относительно электронного пучка в каждом случае определялись качеством получаемых изображений.

Непосредственно технологический процесс характеризуется следующими этапами. Стадия синтеза в режиме горения начинается с операции установки реакционного тигля с высушенной экзотермической шихтой в рабочее пространство реактора. Электроды для зажигания приводятся в контакт с поверхностью экзотермической шихты. Далее рабочее пространство реактора герметизируется, вакуумированием из него удаляется воздух и заполняется рабочим газом (аргоном).

Результаты и их обсуждение. Установлено, что в структуре материалов наблюдались зерна диборида титана (TiB_2) формой близкой к сферической, рис.1. Зерна диборида титана разделены интерметаллидной матрицей $TiAl$. Выявлено, что независимо от содержания алюминия в исходной шихте, фазовый состав продуктов реакции практически не изменялся. По-видимому, такая закономерность обусловлена термодинамической природой реакций формообразования и большим сродством титана к бору. Литературные данные свидетельствуют о том, что при изменении стехиометрии в системе Ti-B можно контролировать фазовый состав конечных продуктов реакции и получать интерметаллидную матрицу из фаз Al_3Ti , Ti_3Al и др. [2]. Это может быть весьма актуальным направлением при контролируемом синтезе композитов и лигатур. В частности, при использовании таких материалов в качестве жаропрочных, либо бронезащитных. В случае рассмотрения варианта их использования в качестве лигатур, наличие фазы $AlTi$ является положительным фактором, поскольку имеются литературные данные о том, что лигатуры $AlTi$ используются, как отдельный класс лигатур в цветной металлургии и не вносят [4].

Установлено, что при меньшем содержании алюминия в шихте размер зерна диборида титана составил 3,7 мкм. При максимальном содержании алюминия в шихте средний размер зерна TiB_2 уменьшился до 0,6-

0,9. При этом общее содержание частиц диборида титана увеличивается (т.е. лигатура становится более концентрированной). Таким образом, добавление алюминия может быть одним из эффективных методов управления размером частиц фазы TiB_2 .

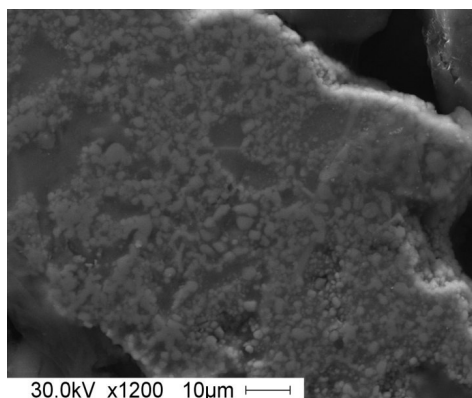


Рис.1 Структура лигатуры (70%(Ti + 2B)+30%Al) после синтеза

Заключение. В качестве базовых композиций для проведения исследований о влиянии состава лигатуры на структуру и физико-механические свойства сплавов на основе алюминия необходимо использовать составы с содержанием алюминия в шихте от 30 до 50 масс. %. Нижний предел содержания алюминия обусловлен относительно большим размером зерна диборида титана, формирующегося в процессе синтеза, что снижает эффективность лигатуры. Верхний предел содержания алюминия в шихте связан с технологическими условиями СВС (составы с содержанием порошка алюминия более 55 масс. % требуют использования дополнительных поджигающих элементов для инициирования горения).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-60028 мол_а_дк и при финансовой поддержке гранта Президента МК-837.2017.8 договор № 14.Y30.17.837-МК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vorozhtsov S. et al. Theoretical and Experimental Investigations of the Process of Vibration Treatment of Liquid Metals Containing Nanoparticles //JOM. – 2016. – Т. 68. – №. 12. – С. 3094-3100.
2. Жуков И. А. и др. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез боридов Al и Ti //ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ФИЗИКА. – 2016. – Т. 59. – №. 8. – С. 177-178.
3. Промахов В.В., Жуков И.А., Ворожцов С.А., Зиятдинов М.Х., Дубкова Я.А. Закономерности безгазового горения системы Al-Ti-B // Тезисы XII Международной конференции «HEMs-2016». 7-9 сентября 2016 года (г.Томск, Россия). –Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2016. – С. 135.
4. Xiangfa L. et al. The Morphologies of $TiAl_3$ in AlTi Master Alloys and Their Effect on Refinement Efficiency [J] //HOT WORKING TECHNOLOGY. – 1997. – Т. 1. – С. 002.