

Отзыв

на автореферат кандидатской диссертации А.С. Щукина «Исследование взаимодействия продуктов горения системы Ni-Al с тугоплавкими металлами W, Mo и Ta»

Интерметаллические соединения на основе NiAl благодаря комбинации физико-механических свойств являются перспективными для длительной эксплуатации при высоких рабочих температурах, однако до сих пор не решен вопрос очень высокой хрупкости NiAl. Легирование сплавов на основе интерметаллидов системы Ni-Al позволяет изменять физико-механические свойства материалов, снижать низкотемпературную хрупкость. Свойство интерметаллида NiAl образовывать псевдобинарные эвтектические структуры с тугоплавкими металлами (W, Mo и др.) применяется в настоящее время для изготовления наноразмерных волокон из этих металлов. Интерметаллид NiAl обладает также превосходной стойкостью к воздействию окружающей среды при всех температурах и является соединением с чрезвычайно высоким сопротивлением окислению по сравнению с другими, в то время как металлы W, Mo и Ta обладают низкой стойкостью к окислению в воздушной среде и требуют нанесения защитных покрытий для использования в соответствующих условиях. Поэтому не вызывает сомнения актуальность диссертационной работы А.С. Щукина, посвященной применению процессу СВС для создания сплавов на основе NiAl, эвтектических сплавов, содержащих наноразмерные нити и волокна из W и Mo, а также для нанесения покрытий из интерметаллидов NiAl на поверхность тугоплавких металлов W, Mo и Ta.

При решении этой задачи диссертант получил ряд новых важных научных результатов. Обнаружена двухстадийная структура волны горения составов ((Ni+Al) + 5 ат. % W + 1÷5 ат. % NiO) и глобулярное декорирование поверхности вольфрамовых частиц и W-подложки в результате их взаимодействия с продуктами горения системы Ni-Al. Изучены особенности структуры переходных зон, формирующихся при взаимодействии тугоплавких металлов (W и Mo) с продуктами безгазового горения в системе Ni-Al. Из продуктов взаимодействия систем Ni-Al-W и Ni-Al-Mo с использованием метода селективного химического травления в смеси HCl+H₂O₂ выделены тонкие нити и волокна тугоплавких металлов W и Mo толщиной 25÷100 нм и длиной до 300 мкм. Обнаружено сопряжение кристаллических решёток Mo волокна и NiAl матрицы в стержневидной псевдобинарной эвтектике, формирующейся при взаимодействии Mo и продуктов горения системы Ni-Al. Синтезирован тяжелый сплав высокой плотности (15,7 г/см³) состава 90 масс. % W + 10 масс. % (Ni+Al) методом электротеплового взрыва (ЭТВ) под нагрузкой. Полученный сплав обладает высокими механическими свойствами, такими как прочность на сжатие 2400÷2600 МПа и микротвёрдость 4820 МПа, а также незначительной остаточной пористостью менее 0,2 %. Показано, что при взаимодействии Ta подложки с продуктами горения системы Ni-Al формируется переходный слой толщиной до 400 мкм, обладающий высокой микротвёрдостью и содержащий тройные интерметаллиды TaNiAl (фаза Лавеса), TaNi₂Al (фаза Геслера), эвтектику NiAl-TaNiAl. Обнаружено формирование интерметаллидной фазы с составом, близким к соединению Ta₅Ni₂Al₃, присутствующей в образцах в виде переходного слоя субмикронной толщины между Ta и TaNiAl и отдельных зёрен размером около 1 мкм в переходной зоне, которая образуется при взаимодействии Ta подложки и продуктов горения системы Ni-Al.

Практическая значимость работы определяется тем, что показана возможность создания неразрывного соединения тугоплавких металлов W, Mo и Ta с интерметаллидом NiAl с помощью метода СВС при температуре ниже температуры плавления металлических подложек. Продемонстрирована возможность получения методом СВС наноразмерных нитей и волокон тугоплавких металлов (W, Mo), которые могут быть использованы при создании компонентов современных высокотехнологичных устройств. Полученные результаты при определённых подходах могут быть использованы для модификации поверхности подложек из W с целью повышения шероховатости и удельной площади поверхности. Представлен способ создания покрытия на основе

фазы Лавеса TaNiAl на поверхности Ta подложки, имеющего высокую твёрдость и пористую структуру, методом СВС в сочетании с селективным химическим травлением. Подобные покрытия на поверхности танталовых изделий могут найти применение в химической промышленности и медицине. Испытания образцов тяжёлого сплава на основе системы Ni-Al-W, полученных методом СВС-технологии в одну стадию, показали, что синтезированный сплав обладает высокими механическими свойствами и может быть применён для изготовления различных деталей специального назначения: утяжелителей, электрических контактов и комплектующих продукции оборонной промышленности.

По содержанию автореферата возникли следующие замечания.

1. Не указаны размеры частиц порошковых компонентов и не исследовалось влияние этих размеров.
2. Не указаны параметры механической активации подложек тугоплавких металлов в смеси реакционных порошков.

Однако эти недостатки не имеют существенного значения. В целом работа выполнена на высоком научном уровне и имеет большое научное и практическое значение. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, в том числе п. 9, к кандидатским диссертациям Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. Автор диссертации, Щукин Александр Сергеевич, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Зав. кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор физико-математических наук, профессор

Амосов
Александр
Петрович

443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус.
Тел. (846) 242-28-89. E-mail: egundor@yandex.ru.

Подпись А.П. Амосова удостоверяю.
Учёный секретарь ФГБОУ ВО «СамГТУ»,
доктор технических наук

07.11.18.



Ю.А. Малиновская