

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Седегова Алексея Сергеевича на тему: «Разработка высокоэнтروпийных керамических материалов на основе тугоплавких карбидов $(\text{TaTiNbZr})\text{C}$ и $(\text{TaTiNbZrX})\text{C}$ ($\text{X} = \text{Hf}, \text{W}, \text{Mo}$) методами СВС и искрового плазменного спекания», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы

Повышение требований к уровню эксплуатационной надежности деталей современной техники обуславливает необходимость разработки новых материалов с повышенными характеристиками твердости, прочности, трещиностойкости, стойкости к окислению и термическому удару, радиационному и химическому воздействию. Перспективны в этом плане высокоэнтропийные (ВЭ) керамические материалы, полученные на основе тугоплавких карбидов, которые характеризуются высокими температурами плавления, повышенным сопротивлением окислению и фазовой стабильностью. До настоящего времени такие материалы получали методом карботермического синтеза из оксидов с последующей высокотемпературной термической обработкой монокарбидов при высоких температурах. Альтернативные технологии изучены мало. Указанные обстоятельства обуславливают актуальность диссертационной работы Седегова А.С., посвященной разработке и получению ВЭ карбидов составов $(\text{TaTiNbZr})\text{C}$ и $(\text{TaTiNbZrX})\text{C}$ ($\text{X} = \text{Mo}, \text{W}, \text{Hf}$) комбинацией методов механохимического синтеза, самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) и искрового плазменного спекания (ИПС) и определение технологических параметров для обеспечения высоких физико-механических свойств на базе первопринципных расчетов фактора энтروпийной стабилизации.

Среди наиболее значимых научных достижений автора следует назвать, прежде всего, теоретическое обоснование химического состава ВЭ карбидов на основе переходных металлов 4 – 6-й групп периодической таблицы: $(\text{Ta}_{0,25}\text{Ti}_{0,25}\text{Nb}_{0,25}\text{Zr}_{0,25})\text{C}$, $(\text{Ta}_{0,2}\text{Ti}_{0,2}\text{Nb}_{0,2}\text{Zr}_{0,2}\text{Hf}_{0,2})\text{C}$, $(\text{Ta}_{0,2}\text{Ti}_{0,2}\text{Nb}_{0,2}\text{Zr}_{0,2}\text{W}_{0,2})\text{C}$ и $(\text{Ta}_{0,2}\text{Ti}_{0,2}\text{Nb}_{0,2}\text{Zr}_{0,2}\text{Mo}_{0,2})\text{C}$, характеризующихся высокой фазовой стабильностью. Проведена теоретическая оценка возможности формирования и стабильности указанных карбидов.

Проведенные эксперименты позволили получить новые данные о высокотемпературном окислении карбида $(\text{Ta}_{0,25}\text{Ti}_{0,25}\text{Nb}_{0,25}\text{Zr}_{0,25})\text{C}$ и влиянии легирования Hf, Mo и W на его жаростойкость. При этом установлено, что максимальные значения жаростойкости обеспечивает легирование Hf в связи с образованием комплексных оксидов типа TiNb_2O_7 и $\text{Ta}_2\text{Hf}_6\text{O}_{17}$.

Показано, что эволюция структуры оксидного слоя высокоэнтропийного карбида $(\text{Ta}_{0,2}\text{Ti}_{0,2}\text{Nb}_{0,2}\text{Zr}_{0,2}\text{Hf}_{0,2})\text{C}$ при повышении температуры происходит в последовательности: $\text{ZrO}_2 \rightarrow \text{Me}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{Hf}_6\text{O}_{17} \rightarrow \text{Ta}_2\text{Hf}_6\text{O}_{17} + \text{TiNb}_2\text{O}_7$. Причем формирование в процессе окисления беспористых пленок, состоящих из оксидов $\text{Ta}_2\text{Hf}_6\text{O}_{17} + \text{TiNb}_2\text{O}_7$, обеспечивает максимальные значения жаростойкости данного материала.

Установлено определяющее влияние дисперсности реакционной среды на структуру конечного продукта в процессе структурообразования карбидов $(\text{Ta}_{0,25}\text{Ti}_{0,25}\text{Nb}_{0,25}\text{Zr}_{0,25})\text{C}$ и $(\text{Ta}_{0,2}\text{Ti}_{0,2}\text{Nb}_{0,2}\text{Zr}_{0,2}\text{Hf}_{0,2})\text{C}$ при СВС, несмотря на формирование жидкой фазы. В случае использования наноразмерной реакционной смеси $(\text{Ta}/\text{Ti}/\text{Nb}/\text{Zr}/\text{Hf})/\text{C}$ ее морфология наследуется СВС порошком, а для субмикронной реакционной смеси $(\text{Ta}/\text{Ti}/\text{Nb}/\text{Zr})/\text{C}$ происходит образование кольцевых структур зерен, что объясняется разной скоростью кристаллизации субмикронных и наноразмерных объемов при СВС. Значимым представляется также то обстоятельство, что автором впервые определены высокотемпературные теплофизические свойства карбида $(\text{Ta}_{0,25}\text{Ti}_{0,25}\text{Nb}_{0,25}\text{Zr}_{0,25})\text{C}$ в диапазоне температур от 2500 до 5500 К, а также зависимости энтальпии от температуры.

Положительной оценки заслуживает также практическая часть работы, связанная с разработкой технологии изготовления высокоэнтропийных карбидов на основе тугоплавких металлов Hf, Ta, Ti, Nb, Zr, Mo и W. Успешные результаты проведенных радиационных испытаний позволили рекомендовать карбид (TaTiNbZrHf)C для изготовления тепловыделяющих элементов, работающих в условиях потоков нейтронов с интенсивностью от 5 до $10^7 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Представленные результаты достоверны, поскольку теоретические исследования выполнялись с использованием базовых положений и фундаментальных основ современного материаловедения, а экспериментальные – с применением стандартных и оригинальных методик, современной технологической и аналитической аппаратуры.

Замечания:

1. Отсутствует сравнение со свойствами аналогов, полученных по известным технологиям.

2. Формулировка выводов 3 и 6 выглядит излишне детализированной.

Указанные замечания не затрагивают основных положений рецензируемой работы и не сказываются на её общей положительной оценке. Диссертационная работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, в том числе п. 9, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», а ее автор Седегов Алексей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Заслуженный деятель науки РФ,

доктор технических наук,

профессор, профессор кафедры

«Технология машиностроения, технологические машины и оборудование»

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический

университет (НПИ) имени М.И. Платова»

346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д.132;

Тел. +7 (8635) 255 486. E-mail: dvyu56.56@mail.ru.

Я, Дорофеев Владимир Юрьевич, согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Седегова А.С.

Дорофеев Владимир Юрьевич

22.09.2013

Подпись д. т. н., проф. Дорофеева Владимира Юрьевича заверяю:

Учёный секретарь
ученого совета
ЮРГПУ (НПИ)



Холодкова Нина Николаевна