

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертации Суворовой Вероники Сергеевны

«Получение тугоплавких керамик на основе карбонитрида гафния методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Автореферат Суворовой В.С. посвящен разработке эффективных методов создания карбонитридов, имеющих повышенные эксплуатационные характеристики: высокие температуры плавления и высокие термо-механические свойства. Предполагаемые отрасли их применения – ядерная энергетика и космическая промышленность России. В своем экспериментальном исследовании автор детально рассматривает вопросы получения карбонитридов $\text{Hf}_{0,75}\text{Ta}_{0,25}\text{C}_{0,56}\text{N}_{0,25}$ и $\text{HfC}_{0,5}\text{N}_{0,35}$ как наиболее перспективных в своем классе, применяемых при температурах более 2000 °С.

Для создания этих перспективных соединений автор использует метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). В этом методе получение итогового продукта происходит при температуре горения, превышающей температуру плавления. Как показано в автореферате: если на первой стадии горения формируется нестехиометрический карбид, то ввиду высокой адиабатической температуры горения непрореагировавший металл плавится и в жидкую фазу диффундирует азот и углерод. В результате по всему объему образца формируется однофазный продукт карбонитрида.

Автор отмечает, что длительная выдержка при температурах от 2000 до 2400 Т, реализуемая при традиционном спекании, может приводить к значительному росту зёрен, что будет отрицательно сказываться на конечных механических свойствах материала. Наша экспериментальная практика показывает, что соединения с большим размером зерен, в случае использования метода искрового плазменного спекания (ИПС), приводит к значительному росту электросопротивления (с дальнейшим его падением), что отрицательно сказывается на однородности нагрева импульсом тока. Таким образом, предложения автора хорошо согласуются с нашими требованиями к качеству карбонитрида как объекта быстрого нагрева импульсом тока.

Для быстрого нагрева тонких пластин соединений с целью измерения температуры в диапазоне 2000 – 5000 К мы используем быстрый нагрев импульсом электрического тока (длительность 5 микросекунд). В этой импульсной методике весьма важно, чтобы образцы тугоплавкого карбонитрида имели малый размер кристаллитов. Именно такие образцы предлагает автор автореферата. Для нужд импульсной методики остается только сформировать карбонитрид в виде тонких (толщина порядка 100 – 150 микрон) пластин.

Детально исследованы итоговые составы карбонитрида $(\text{Ta,Hf})\text{CN}$, причем установлены три основных вида получаемого твердого раствора этого карбонитрида. (стр.18-19). Удалось провести огневые испытания полученных карбонитридов и сделать важный вывод: *«Керамики на основе $\text{Hf}(\text{C,N})$, $\text{Hf}(\text{C,N})\text{-SiC}$ и $(\text{Ta,Hf})\text{CN}$ сохраняют свою целостность в высокотемпературном газовом потоке мощностью $2,8 \text{ МВт/м}^2$ при температуре до $2300 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 110 с »* (стр.27). Кроме того, получен патент на изобретение «Способ получения сверхвысокотемпературного керамического материала на основе карбонитрида гафния» (2020 год).

Что касается недостатков работы, то они немногочисленны.

За исключением случайных пропусков на стр. 9 и 27 отметим структурную неровность изложения, которую продемонстрируем на следующем примере

На стр.9 (Глава 2) автор отмечает.

«Оценку температуры плавления $\text{HfC}_{0,5}\text{N}_{0,35}$ проводили в сравнении с коммерческим HfC Температуру плавления образцов определяли путем сравнения их микроструктуры до и после нагрева». Здесь (на стр.9) – нет ясности в том, как определялась температура по микроструктуре. Только на стр.14 дается ответ:

«Учитывая, что коммерческий HfC после экспериментов характеризовался дендритной структурой, свидетельствующей о затвердевании расплава, а структура $\text{Hf}(\text{C,N})$ осталась неизменной, можно заключить, что температура плавления синтезированного $\text{HfC}_{0,5}\text{N}_{0,35}$ выше, чем у ... – карбида гафния». Наконец, в выводах по №3 (стр.26) автор отмечает: *«Экспериментально установлено, что температура плавления керамики $\text{HfC}_{0,5}\text{N}_{0,35}$ превышает $3890 \text{ }^\circ\text{C}$ ».*

По нашим экспериментальным данным (измерения температуры при быстром нагреве) HfC плавится в диапазоне от 4000 до 4200 К. Сравнительное наблюдение автора автореферата подтверждает, что температура плавления карбонитрида гафния – выше, чем температура плавления карбида гафния.

Отмеченные формальные недостатки изложения в автореферате не могут повлиять на высокую оценку выполненной Суворовой В.С. экспериментальной работы.

Тематика этого исследования весьма актуальна, а ее результаты практически применимы как в интересах космической отрасли России, так и в ядерной энергетике.

Можно утверждать, что рассматриваемый диссертационный материал представляется достаточным для признания его соответствующим всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор рассматриваемой работы Суворова Вероника Сергеевна – достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Гл.н.с. Лаборатории № 16 (широкодиапазонных уравнений состояния) Объединенного института высоких температур РАН (специальность 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника)



д.т.н, Савватимский А.И.

Подпись Савватимского А.И. заверяю,

Зам. Директора Объединенного института высоких температур РАН,



Иванова Н.Н.