

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ "ВЗРЫВНОЙ" МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ 2000 – 10000 К^{*)}

^{1,2}Савватимский А.И., ²Онуфриев С.В.

¹Физический институт Российской Академии Наук, Москва, Россия,
savvatimskiy.alexamder@gmail.com

²Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия,
s-onufriev@yandex.ru

Физические свойства тугоплавких соединений необходимы в атомной энергетике для создания тепловой защиты при высоких температурах. Представлена методика быстрого («взрывного») нагрева и результаты экспериментов по теплофизическим свойствам веществ до предельно высоких температур. Основатель этой методики – Сергей Владимирович Лебедев (1913 – 1990), исследовал ее применение сначала в ФИАНе, а затем в ОИВТ РАН. Используется быстрый нагрев (~5 мкс) импульсом электрического тока [1], что обеспечивает получение в едином акте нагрева сразу нескольких теплофизических свойств (энтальпии H , теплоты плавления ΔH , теплоемкости C_p , электросопротивления ρ). Ключевое решение этой методики заключается в ограничении объема вокруг расширяющегося жидкого образца (провода или фольга). Импульсный нагрев током эффективен также в отношении экономии затрат при достижении высоких температур. Не требуются финансовые средства на создание стационарного оборудования для постоянного поддержания высокой температуры, нагрев обеспечивается джоулевым тепловыделением при кратковременном прохождении импульса тока через проводящий образец. За счет скорости процесса нагрева жидкий образец сохраняет свою форму и положение в пространстве во время опыта. Лазерная подсветка образца дает возможность измерить тепловое расширение жидких металлов (Zr, Fe, Hf). Размещение образцов в толстостенных сапфировых ячейках позволяет исследовать свойства веществ при повышенных давлениях (вплоть до десятков кбар).

Температура измерялась [2] быстродействующим фотодетектором по излучению поверхности плоского образца, и рассчитывалась далее по формуле Планка (при известном значении нормальной излучательной способности материала ϵ). В случае отсутствия последней в литературе, использовался образец в виде уголковой модели черного тела: две тонкие плоскости, расположенные под углом (в форме приоткрытой книги). Это обеспечивало получение достоверного результата по температуре, с надежностью 0.95.

Представлены данные для тугоплавких карбидов ZrC, ZrC + C, TaC, HfC (до 5000 К), обзор представлен в [3]. Впервые в мировой практике, был выполнен эксперимент (до 5500 К) с карбидом (HfTaTiNbZr)C, представляющим собой твердый раствор пяти карбидов [4]. Высокая термодинамическая стабильность таких многокомпонентных карбидов, высокая тугоплавкость и коррозионная стойкость, – привлекательны для создания эффективной тепловой защиты в атомной энергетике.

Работа выполнена при поддержке Российский научный фонда, грант № 19-79-30086-П, (руководители Г.А. Месяц и В.С. Лебедев, ФИАН, Москва).

Литература

- [1]. Савватимский А.И., Онуфриев С.В., Ядерная физика и инжиниринг, **2015**, Т.6, С. 622.
- [2]. Онуфриев С.В., Савватимский А.И., ТВТ, **2018**, Т.56, С. 704.
- [3]. Савватимский А.И., Онуфриев С.В., Аристова Н.М., УФН, **2022**, Т. 192, С. 642.
- [4]. Савватимский А.И., Онуфриев С.В., Седегов А. С. Юдин С.Н., Московских Д.О., ТВТ, **2022**, Т. 60 (5), С. 672.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)