

## **СТРУКТУРНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА В ЦИРКОНИИ В УСЛОВИЯХ БЫСТРОГО НАГРЕВА**

***Пелецкий В.Э. \*, Петрова И.И., Самсонов Б.Н.***

*ИТЭС ОИВТ РАН, Москва*

*\*pel@iht.mpei.ac.ru*

Полиморфное превращение в твердом цирконии, состоящее в смене типа кристаллической структуры, сохраняется и при слабом легировании этого металла. Гексагональная плотноупакованная решетка при нагреве переходит в объемно-центрированную как в чистом цирконии, так и в реакторных сплавах на его основе. Зависимость параметров этого перехода от интенсивности энерговодвда в металл, важная для понимания физики превращения и прогнозирования поведения металла в штатных режимах эксплуатации реакторов, изучена недостаточно.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования процессов названной структурной перестройки в условиях импульсного объемного электрического нагревания с вариацией скоростей нагрева, различающихся на 3–4 порядка. Использовалась методика динамической субсекундной калориметрии [1], позволившая получить не только данные о температурах превращения, но и о скрытых теплотах, а следовательно, об энтропии фазового перехода. Применение наряду с пластинчатыми также и трубчатых образцов (реальные оболочки ТВЭ-Лов) позволило с помощью объективной двухканальной фотоэлектрической пирометрии получить термограммы не только яркостных, но и истинных температур, и на этой основе рассчитать изменение монохроматической излучательной способности металлов в процессе структурной перестройки.

Планирование эксперимента включало численное моделирование процесса нагрева образца с учетом теплоотвода к электродам, радиационного теплообмена на боковой поверхности и затратами тепла на смену кристаллической структуры. Разработанный компьютерный код [2] позволил раскрыть динамику движения фронта фазового превращения вдоль образца и, соответственно, перестройку температурного поля в процессе нагрева. С учетом результатов моделирования были установлены размеры изотермичной зоны в зависимости от времени нагрева, определены координаты установки потенциальных зондов и геометрия пирометрического канала, моделирующего излучение абсолютно черного тела в процессе нагрева.

В докладе приводятся термограммы нагрева для циркония, сплава Э110 и сплава Э635 для скоростей нагрева в диапазоне  $\sim 5 \cdot 10^1$  до  $\sim 2 \cdot 10^4$  К/с. На чистом цирконии влияния скорости нагрева на температуру превращения не выявлено. На сплавах с ростом скорости нагрева температура перестройки возрастает. При этом температура плавления практически не изменяется. Анализ термограмм охлаждения указывает на явный гистерезис — изотермические площадки режимов охлаждения

лежат ниже площадок нагрева. В докладе приводятся аналитические выражения, описывающие зависимость температуры входа в фазовый переход от скорости нагрева, обсуждаются физические процессы, ответственные за динамику структурной перестройки в условиях интенсивного энерговысвобождения в металл.

1. Пелецкий В.Э., Петрова И.И., Самсонов Б.Н. // ТВТ. 2001. Т.39. С.720.
2. Пелецкий В.Э. // ТВТ. 1999. Т.37. С.128.