

УДК 536.21:621.039.54

Установка для измерения теплофизических свойств реакторных материалов при повышенных температурах

БАЛАНКИН С. А., СКОРОВ Д. М., ЯРЦЕВ В. А.

Установка предназначена для измерения теплопроводности, температуропроводности и теплоемкости металлов и металлокерамических соединений в интервале 550—1800 °C методом, описанным в работе [1]. Она позволяет проводить измерения на образцах малых размеров, что важно при исследовании материалов (UO_2 , UC , UN и т. п.), изготавляемых методами порошковой металлургии. Эта установка обладает более простой схемой формирования и измерения теплового импульса по сравнению с описанными установками с нагревом исследуемого образца электронным пучком [2] и обеспечивает надежную регулировку и достаточную устойчивость эмиссионного тока.

Рабочий участок установки (рис. 1) представляет собой разборный вакуумный диод, корпус которого охлаждается водой. Испытуемый образец 1 (в виде таблетки диаметром 6—15 и толщиной 0,5—2,5 мм) устанавливается в держателях 2 из вольфрамовой проволоки непосредственно под подогревным катодом 4 из гексаборида лантана. Разогрев катода до рабочей температуры осуществляется излучением подогревателя 5, питаемого от выпрямителя В. Поток электронов от катода, ускоренный напряжением между катодом и анодом-образцом, разогревает фронтальную поверхность последнего. Стационарная температура опытного образца регистрируется вольфраморениевой термопарой 3 с толщиной проволоки 0,1 мм, концы которой вставлены в углубление в торце образца и заклиниены

там штифтами. Термо-ЭДС термопары измеряется низкочувствительным потенциометром Π_1 . Изменение температуры обратной поверхности образца после ступенчатого изменения теплового потока, нагревающего фронтальную поверхность, регистрируется по излучению от образца, которое проходит по подставке-светопроводу 6 и воспринимается фотодиодом (ФД). Фотодиод включен в плечо моста, от которого сигнал разбаланса, вызванный изменением температуры образца, после предварительного усиления либо записывается автоматическим электронным потенциометром, либо воспроизводится на экране осциллографа. Наличие светопровода в камере рабочего участка установки дает возможность использовать для регистрации стационарной температуры образца и оптические пирометры.

Анодное напряжение (приложенное между катодом и анодом) определяет мощность, выделяемую электронным пучком на испытуемом образце. Последовательное включение регулируемых источников напряжения I_1 и I_2 (I_2 запущен диодной цепочкой) позволяет производить как плавное, так и ступенчатое изменение анодного напряжения. Плавное изменение достигается изменением напряжения на выходе источника I_1 , ступенчатое — с помощью ключа. Изменяя напряжение на выходе источника I_2 , можно менять величину ступени анодного напряжения, а значит, и величину ступени мощности, выделяемой электронным пучком на образце-аноде.

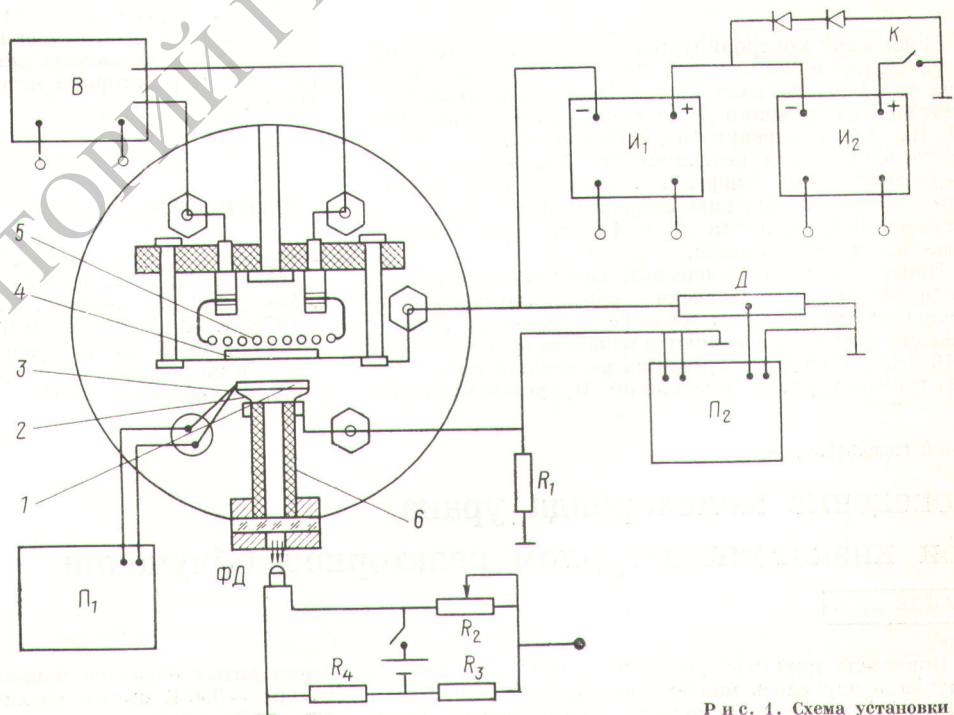


Рис. 1. Схема установки

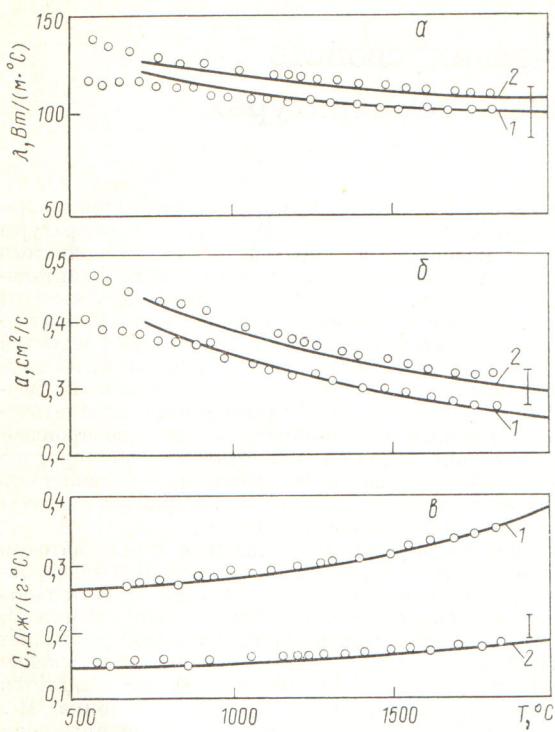


Рис. 2. Зависимость теплопроводности (а), температуропроводности (б), теплоемкости (в) молибдена и вольфрама от температуры:

1 — молибден [3]; 2 — вольфрам [3]; ○ — настоящая работа

Мощность контролируется измерением анодного напряжения и анодного тока, протекающего через образец. Анодное напряжение измеряется эталонным делителем напряжения Δ и высокочастотным потенциометром Π_2 . Для измерения анодного напряжения используется один канал потенциометра Π_2 , второй канал предназначен для измерения тока через образец. Ток определяется по падению напряжения на образцовой катушке сопротивления $R_1 = 1 \text{ Ом}$, через которую заземляется образец-анод.

Измерение теплофизических свойств проводят на предварительно подготовленном образце, который устанавливают на рабочем участке установки. Камеры рабочего участка уплотняют и откачивают до давления $\sim 10^{-3} \text{ Па}$. Катод разогревается нагревателем до рабочей температуры, а источником I_1 устанавливается

УДК 621.039.548.3

Поведение монокарбида урана при низкотемпературном реакторном облучении

МАЙЛЕ Х. Э.

Поведение монокарбида урана в поле реакторного излучения изучалось многими исследователями [1—6]. Чайлдс [1], в частности, показал, что в процессе облуче-

аниодное напряжение, соответствующее максимальной температуре исследования. В течение 15—20 мин проводится вакуумная тренировка рабочего участка с установленным там образцом. Признак окончания вакуумной тренировки — прекращение бросков эмиссионного тока в вакуумном диоде. Затем анодное напряжение снижается до значения, соответствующего предполагаемой температуре измерений. После этого регистрируют стационарную температуру и мощность, выделяемую электронным пучком на образце-аноде. Замыкая или размыкая ключ K , изменяют анодное напряжение, а значит, и мощность, выделяемую электронным пучком. По излучению регистрируют временное изменение температуры на обратной стороне образца. По разности температуры и мощности, соответствующих двум стационарным тепловым состояниям образца, а также по времени переходного теплового режима определяют теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость материала опытного образца [1].

Для проверки работоспособности установки проводили измерения теплофизических свойств поликристаллических вольфрама и молибдена. Исследованный образец молибдена (диаметром 14,0 мм и толщиной 1,62 мм) содержал 99,9% основного металла, менее 0,001% никеля, 0,007% полуторных окислов, 0,001% окиси кремния и следы окисей кальция и магния. Плотность образца при комнатной температуре $10,20 \times 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$. Вольфрамовый образец таких же размеров содержал 99,95% основного металла и менее 0,03% молибдена. Его плотность при комнатной температуре составляла $19,15 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$. Измеренные теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость вольфрама и молибдена представлены на рис. 2. Там же приведены данные, которые рекомендуются в работе [3], как наиболее достоверные для этих металлов. Как следует из рис. 2, теплофизические характеристики вольфрама и молибдена, измеренные на описанной установке, хорошо согласуются с опубликованными значениями. Это дает основания считать, что установка может быть использована для измерения теплофизических свойств реакторных материалов в интервале 550—1800 °C.

Поступило в Редакцию 19.X.77

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баланкин С. А., Скоров Д. М., Ярцев В. А. «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 4, с. 271.
- Мебед М. М., Юрчак Р. П. «Заводск. лаборатория», 1972, т. 38, № 10, с. 1283.
- Филиппов Л. П. Измерение тепловых свойств твердых и жидкких металлов при высоких температурах. М., Изд-во МГУ, 1967.

Чения литых образцов монокарбида урана при температуре $\sim 350 \text{ K}$ быстро увеличивается период кристаллической решетки с ростом флюенса примерно до