

Лекция 23.

Цель.

Ввести предположение о равенстве зернограничных параметров переноса в низкотемпературной и высокотемпературной области для образца с (Топливо ВВЭР) .Рассмотреть связи (аналитическая и графическая форма) между параметрами переноса и влияние на них указанного выше предположения.

Представить численные значения параметров переноса и погрешности их восстановления.

Сопоставить полученные результаты с данными других авторов.

План.

1. Предположение о равенстве зернограничных параметров переноса в низкотемпературной и высокотемпературной области для образца с (Топливо ВВЭР) .
2. Связи (аналитическая и графическая форма) между параметрами переноса
3. Численные значения параметров переноса и погрешности их

Предэкспоненциальные множители коэффициентов диффузии и параметры переноса.

Предположим, что коэффициент зернограничной диффузии в уравнении (40) равен значению D_{gbc} для высокотемпературных испытаний, а величина $p \sim \xi_c$ (межзеренный объём пропорционален объёму зернограничной диффузии, такая «нестрогая» замена предполагает в дальнейшем соответствующую компенсацию при использовании статистики), тогда уравнение (40) будет иметь следующий вид:

$$F_{gb} = \frac{3\zeta \tilde{n}^\varepsilon}{(1-\varepsilon)R} \sqrt{\frac{\gamma D_{gb} \tilde{n}^0 \exp(-Q_{gbc}/T)}{\lambda}} \quad (41)$$

Подставляя в уравнение (41) известные значения параметров и обработав экспериментальные результаты работы [37], получим следующее уравнение:

$$\xi_c = 0,35 / (m_c)^{1/6} \quad (42)$$

Предэкспоненциальные множители коэффициентов диффузии и параметры переноса.

Топливо ВВЭР

$$D_{gbc0} = 0.1225 * 10^{-8} * (m_c)^{1/3}$$

$$D_{Lc0} = 0.1225 * 10^{-8} / (m_c)^{2/3}$$

$$\xi_c = 0,35 / (m_c)^{1/6}$$

Топливо DСI

$$D_{gbf0} = 1.18 * 10^{-9} * (m_f^2 / m_c)^{2/3}$$

$$D_{Lf0} = 1,18 * 10^{-9} / (m_c)^{2/3}$$

$$\xi_f = 0,0044 * (m_f / m_c)$$

Графическое представление предэкспоненциальных множителей коэффициентов диффузии и параметров переноса.

Графическое представление предэкспоненциальных множителей коэффициентов диффузии и параметров переноса.



Графическое представление предэкспоненциальных множителей коэффициентов диффузии и параметров переноса.

Параметры переноса радиоактивных криптонов в интервале температуры 1400-1800 К.

Топливо ВВЭР при $m_c = 1000$

- $Q_{Lc} = 21493 \text{ К} \rightarrow (1,86 \pm 0,07) \text{ ЭВ}$
-
- $D_{Lc0} = (0,12 \pm 0,004) * 10^{-10} \text{ см}^2\text{с}^{-1}$
-
- $\xi_c = 0,11 \pm 0,007$
-
- $Q_{gbc} = 3589\text{К} \rightarrow (0,31 \pm 0,02) \text{ ЭВ}$
-
- $D_{gbc} = (0,12 \pm 0,003) * 10^{-7} \text{ см}^2\text{с}^{-1}$

Топливо ДСІ при $m_f = 1000$

- $Q_{Lf} = 21493 \text{ К} \rightarrow (1,86 \pm 0,07) \text{ ЭВ}$
-
- $D_{Lfo} = (0,12 \pm 0,004) * 10^{-10} \text{ см}^2\text{с}^{-1}$
-
- $\xi_f = 0,004 \pm 0,0002$
-
- $Q_{gbf} = 17903 \text{ К} \rightarrow (1,54 \pm 0,07) \text{ ЭВ}$
-
- $D_{gbfo} = (1,18 \pm 0,07) * 10^{-7} \text{ см}^2\text{с}^{-1}$

Погрешности представленные в выше приведенных уравнениях рассчитаны при сопоставлении параметра с зависимостью $F_{gb}(T, \lambda)$, полученной при обработке экспериментальных данных по методу наименьших квадратов, уравнения (3) и (4). При непосредственном сопоставлении с экспериментальными данными погрешности увеличиваются почти на порядок.

Коэффициенты диффузии радиоактивных криптонов
в интервале температуры 1400-1800 К.

Топливо ВВЭР при $m_c = 1000$

- $D_{Lc} = D_{Lc0} * \text{Exp} (- Q_{Lc} / kT)$
 $= (0.12 * 10^{-10}) * \text{Exp} (- 1,86 / kT)$
- $D_{gbc} = D_{gbc0} * \text{Exp} (- Q_{gbc} / kT)$
 $= (0.12 * 10^{-7}) * \text{Exp} (- 0,31 / kT)$

Топливо ДСІ при $m_f = 1000$

- $D_{Lf} = D_{Lf0} * \text{Exp} (- Q_{Lf} / kT)$
 $= (0.12 * 10^{-10}) * \text{Exp} (- 1,86 / kT)$
- $D_{gbf} = D_{gbf0} * \text{Exp} (- Q_{gbf} / kT)$
 $= (1.18 * 10^{-7}) * \text{Exp} (- 1,54 / kT)$

В этих соотношениях:
коэффициенты диффузии $[D] = \text{см}^2 \text{с}^{-1}$, энергии активации $[Q] = \text{эВ}$,
температура $[T] = \text{К}$, $k = 0,863 * 10^{-4} \text{ эВ/К}$ – постоянная Больцмана.

Восстановление параметров переноса. Выводы.

При разработке методики восстановления параметров переноса ГПД по экспериментальным данным, кроме аналитических уравнений, использовались следующие дополнительные гипотезы:

- объёмный коэффициент диффузии для обоих образцов одинаков.
- энергии активации зернограничной диффузии меньше объёмных.
- множитель перед экспонентой зернограничного коэффициента диффузии в $10^3 - 10^6$ больше аналогичного значения для объёмной и одинаков для образцов **c** и **f**.
- низкотемпературные результаты исследований на образце **c** подчиняются закону одностадийной зернограничной диффузии с экстраполяцией параметров диффузии в область низких температур.

Восстановление параметров переноса. Выводы.

Указанные выше предположения позволили выразить **12-ть параметров** переноса ГПД для рассматриваемой системы **через один параметр m** , который может меняться в интервале значений $10^3 - 10^6$.

Выбор параметра **$m = 10^3$** можно обосновать следующим образом. Полученное значение энергии активации объёмной диффузии **$Q_L = 21493$ К** ГПД практически совпадает с энергией активации радиационно-стимулированного коэффициента объёмной диффузии ГПД по механизму вытеснения междоузельных ионов при диффузии ГПД в коаксиальной зоне трека, которая составляет **22620 К** по расчетам представленным в работах [35, 36].

Если предположить, что указанный механизм переноса ГПД действительно действует, то должны быть близки и множители перед экспонентами в коэффициентах объёмной диффузии. Наиболее близкие значения наблюдаются при **$m = 10^3$** .