

Лекция 22.

Цель.

Рассмотреть связи между параметрами переноса и влияние на них дополнительных гипотез. Представить методику определения предэкспонентных членов коэффициентов диффузии. Обосновать желание использовать дополнительные экспериментальные материалы по выходу ГПД в низкотемпературной области. Предложить модель для описания выхода ГПД при низкой температуре. Поставить и решить соответствующую задачу. Сопоставить расчет с экспериментом.

План.

1. Связи между параметрами переноса и влияние на них дополнительных гипотез.
2. Методика определения предэкспонентных членов коэффициентов диффузии.
3. Модель для описания выхода ГПД при низкой температуре. Сопоставление расчета с экспериментом.

Предэкспоненциальные множители коэффициентов диффузии и параметры переноса.

Мы предположили, что $D_{Lf0} = D_{Lc0}$ и после подстановки конкретных значений в систему уравнений (28), (29) получим следующее уравнение:

$$(30) \frac{\xi_{\tilde{n}}}{\sqrt{m_c}} = 13.3 * \left(\frac{\xi_f}{m_f} \right)^{2/3}$$

Соотношение (30) необходимо рассмотреть при дополнительных условиях:

$$\xi_f, \xi_c \leq 1, \quad (31)$$

$$10^3 \leq m_f, m_c \leq 10^6 \quad (32)$$

Случай $\xi_f = \xi_c, m_f = m_c$ противоречит физическому смыслу, т.к. не выполняется соотношение (31) при соблюдении условия (32).

Рассмотрим случай $m_f = m_c$, тогда уравнение (30) имеет вид:

$$\frac{\xi_{\tilde{n}}}{\sqrt{m}} = 13.3 * \left(\frac{\xi_f}{m} \right)^{2/3} \quad (33)$$

Соотношения между параметрами переноса

На графике
представлена
зависимость
 $\xi_c = Y$ от $\xi_f = X$
при различных
значениях m .
Из графика видно,
что значительные
изменения m
приводят к весьма
малым изменениям
в зависимости
 ξ_c от ξ_f .

Соотношения между параметрами переноса

Основной вывод из представленных расчетов сводится к тому, что значительное различие множителей перед экспонентами в коэффициентах зернограничной и объёмной диффузии (три порядка) весьма слабо влияют на доли границ зерен, участвующие в диффузии по границам.

В большей степени нас интересуют практические приложения параметров переноса отечественного ядерного топлива, поэтому при выборе коэффициентов желательно иметь максимально возможное количество экспериментальных фактов по выходу ГПД из образца типа с.

Экспериментальные результаты с образцом типа С при низкой температуре.

В работе [37] представлены экспериментальные данные по исследованию выхода ГПД из образца типа с при температуре 723 К. Выход ГПД изучался в экспериментальном канале ИРТ-МИФИ на установках типа Каприз-ВТ и на той же измерительной аппаратуре, которая использовалась при получении рассматриваемых в дипломе экспериментальных данных при высоких температурах.

Обработка экспериментальных данных работы [13] по эмпирическому уравнению:

$F = A * ((\lambda)^{-n})$, дает значение

$$F = (0,310e - 6) * ((\lambda)^{-0,5684}) \quad (34).$$

Зависимость выхода ГПД (F) от постоянной распада (λ) близка к степени (-0,5). Такой показатель степени характерен для механизма одностадийной диффузии.

Модель выхода ГПД при низкой температуре.

Низкий температурный уровень проведенного эксперимента [13] исключает влияние объемного коэффициента диффузии (он слишком мал), однако, возможна следующая модель выхода ГПД при низких температурах [8]:

1. Основным механизмом переноса ГПД при низких температурах является зернограничная диффузия атомов, вышедших на эти границы посредством “ядер отдачи” (кинетика и выбивания).

2. Выход ГПД из зерен в межзеренное пространство посредством объёмной диффузии пренебрежимо мал.

3. ГПД в межзеренном пространстве могут захватываться дефектами структуры (ловушками) и высвободиться из них.

Система диффуравнений для определения выхода ГПД при низкой температуре.

Система дифференциальных уравнений описывающих этот процесс имеет следующий вид:

$$\frac{D_{gb}}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial C}{\partial r} \right) + p\beta' = \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial t} + \lambda N + \lambda C \quad (35)$$

$$g(C - \gamma N) = \frac{\partial N}{\partial t} + \lambda N \quad (36)$$

Где C, N – концентрация газа в образце и ловушках,
 g, γ – коэффициенты захвата и высвобождения газа ловушками.

p – коэффициент пропорциональности источников газа в межзеренном пространстве.

Стационарный выход ГПД при низкой температуре.

Для стационарного случая система имеет вид:

$$\frac{D_{gb}}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial C}{\partial r} \right) + p\beta' = \lambda N + \lambda C \quad (37)$$

$$g(C - \gamma N) = \lambda N \quad (38)$$

При граничных условиях:

$$C = 0 \quad \text{при } r = R$$

$$\frac{\partial C}{\partial r} = 0 \quad \text{при } r = 0$$

Относительный выход ГПД с внешней поверхности образца при $p = V_{gb} / V = \varepsilon / (1 - \varepsilon)$, где ε - пористость, равен:

$$F_{gb} = \frac{3p\varepsilon}{(1-\varepsilon)R} \sqrt{\frac{D_{gb}}{\lambda \left(1 + \frac{g}{\lambda + g\gamma}\right)}} \quad (39)$$

Стационарный выход ГПД при низкой температуре.

Обработка экспериментальных результатов [13] по уравнению (39) показала:

- γg значительно больше λ , но значительно меньше g .
- единицей под корнем можно пренебречь.
- обработку экспериментальных результатов можно проводить по уравнению:

$$F_{gb} = \frac{3p\varepsilon}{(1-\varepsilon)R} \sqrt{\frac{\gamma D_{gb}}{\lambda}} \quad (40)$$

Сопоставление расчета с экспериментом.

